

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ ПЕДАГОГІЧНИХ НАУК УКРАЇНИ
ІНСТИТУТ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ І ЗАСОБІВ НАВЧАННЯ

ЕКСПЕРИМЕНТ НА ЕКРАНІ КОМП'ЮТЕРА

Монографія

Київ
Педагогічна думка
2012

УДК 373.5.091.2:004
ББК 74.202.5
Е41

*Рекомендовано до друку вченою радою
Інституту інформаційних технологій і засобів навчання НАПН України
(протокол № 11 від 28 грудня 2011 р.).*

Рецензенти:

С. М. Яшанов, доктор педагогічних наук, професор.

О. М. Спірін, доктор педагогічних наук, доцент.

Е41 **Експеримент** на екрані комп'ютера: монографія/ авт. кол.: Ю. О. Жук, С. П. Величко, О. М. Соколюк, І. В. Соколова, П. К. Соколов. За редакцією: Жука Ю. О. – К.: Педагогічна думка, 2012. – 180 с.

ISBN 978-966-644-274-4

В монографії розглядаються теоретичні і практичні аспекти сучасного стану і тенденцій інформатизації навчального процесу у загальноосвітній школі, психолого-педагогічні проблеми використання засобів інформаційно-комунікаційних технологій у навчальному процесі з природничо-математичних дисциплін середньої школи, організації навчальної дослідницької діяльності у процесі викладання фізики в середній школі з використанням комп'ютерно орієнтованих засобів і систем навчання, особливості діяльності учня та конструювання математичної моделі розв'язку навчальної дослідницької задачі на підставі сприйняття та аналізу екранної інформації, прийняття рішень на підставі графічного подання функціональної залежності досліджуваних параметрів фізичного явища. Дано аналіз технологічно-компетентнісної складової освітньої парадигми профільно-орієнтованої старшої школи ХХІ століття, зокрема, навчальних досліджень у віртуальному середовищі.

Монографія призначена для студентів та викладачів педагогічних університетів, магістрів із спеціальності «Загальна фізика», учителів профільних класів загальноосвітньої школи, слухачів системи підвищення кваліфікації педагогічних кадрів та всіх, хто цікавиться проблемами інформатизації навчального процесу.

**УДК 373.5.091.2:004
ББК 74.202.5**

ISBN 978-966-644-274-4

© Інститут інформаційних технологій і
засобів навчання НАПН України, 2012
© Педагогічна думка, 2012

ЗМІСТ

Вступ. Інформатизація освіти: проблеми і ризики.....	4
Розділ I. Дидактичні та методичні засади використання комп'ютерних технологій у шкільному навчальному дослідженні.....	8
1.1. Діалектика педагогічного знання в умовах комп'ютерно орієнтованого процесу навчання.....	8
1.2. Навчальна діяльність у процесі вивчення фізики у загальноосвітній школі....	14
1.3. Експериментальний метод у курсі фізики загальноосвітнього навчального закладу.....	28
1.4. Комп'ютерно орієнтовані засоби навчальної діяльності: основні системні характеристики.....	36
1.5. Фізична задача як навчальне дослідження і головні етапи процесу її розв'язання.....	42
1.6. Навчальна діяльність у процесі розв'язування дослідницьких задач з фізики: алгоритмізація і творчість.....	58
Розділ II. Навчальна діяльність у комп'ютерно орієнтованому навчальному середовищі.....	68
2.1. Організація навчальної діяльності у комп'ютерно орієнтованому навчальному середовищі.....	68
2.2. Концептуальна модель полікомпонентного навчального середовища на базі кабінету-лабораторії фізики.....	77
2.3. Експериментальна діяльність учнів у полікомпонентному навчальному середовищі в процесі виконання лабораторних робіт із фізики	88
2.4. Екранна візуалізація математичної моделі під час розв'язування навчальних дослідницьких задач з фізики.....	99
2.5. Особливості знаково-символічної навчальної діяльності в інформаційно-комунікаційному середовищі	108
Розділ III. Моделювання фізичних процесів і явищ засобами комп'ютерних технологій.....	118
3.1. Аналіз та інтерпретація графічного образу в процесі навчального дослідження в системі «учень – комп'ютер».....	118
3.2. Використання графічних представлень складних фізичних процесів у самостійній навчальній діяльності учнів.....	130
3.3. Прийняття рішень на підставі графічного подання на екрані комп'ютера функціональної залежності досліджуваного процесу.....	144
3.4. Конструювання математичної моделі розв'язку навчальної дослідницької задачі в умовах комп'ютерно орієнтованого навчання.....	157
Література	174

ВСТУП. ІНФОРМАТИЗАЦІЯ ОСВІТИ: ПРОБЛЕМИ І РИЗИКИ

Загальнопланетарна значимість інформаційно-комунікаційних технологій щодо наукового знання характеризується процесами популяризації і доступності, у першу чергу, фактуального матеріалу. Одночасно виявилися нові можливості пізнання, які містять у собі, крім транспорту інформації, пізнання «наукове» і пізнання «не наукове», тобто інформаційно-ситуативне, минуше. Така доступність різноманітного знання ставить перед педагогікою завдання розробки нових педагогічних технологій, які слід враховувати, розгортання процесу навчання в умовах постіндустріального інформаційного суспільства. Природно, що нині вироблення нового педагогічного знання неможливе без всебічного аналізу наслідків глобальної інформатизації процесу навчання.

Переважаючи в публікаціях думка про позитивний вплив інформатизації освіти на її процес і результати, і мінімальна кількість публікацій, у яких піднімаються виникаючі наразі проблеми, є, на наш погляд, деяким педагогічним феноменом. Сама елементарна логіка підказує, що не буває тільки позитивних наслідків будь-якої цілеспрямованої діяльності, немає ліків без побічних ефектів. У такій складній проблемі, якою є інформатизація процесу навчання підростаючого покоління, існують деякі проблеми, які характеризують «зворотний бік Місяця», тобто ту сторону наслідків інформатизації, яку можна охарактеризувати як педагогічні ризики.

Види, властивості і функції людського знання, що циркулюють в сучасних інформаційних потоках, взаємно перетинаються, інтерферують, перетворюються, породжуючи назагал нове знання, як об'єктивне, так і суб'єктивне, тобто привласнене споживачем інформації. Не розглядаючи об'єктивну сторону породження нового знання, звернемо увагу на суб'єктивний аспект проблеми. З цього погляду засвоєння і структурування знань суб'єктом, як результат процесу присвоєння інформації, що надійшла до нього ззовні через інформаційні засоби в неструктурованому вигляді, можливо, має свою специфіку.

Накопичений досвід використання в реальному навчальному процесі інформаційно-комунікаційних технологій показує, що інформаційно орієнтований стиль, який формується в учнів, пізнання (зокрема, навчання) характеризується перенесенням акценту пізнавальної діяльності з рефлексії створення (самостійного розв'язування деякої проблеми, зокрема розв'язання навчальної задачі) на процес пошуку готової відповіді в інформаційних мережах. Система педагогічних ризиків, що виникає наразі, характеризується, по-перше, поступовою втратою суб'єктом навчання самостійного мислення, втратою критичності, що, у свою чергу, дозволяє маніпулювати свідомістю учня.

Можна погодитися з тим, що навчання, як цілеспрямований процес прямого педагогічного впливу на суб'єкта, має ознаки маніпулювання його свідомістю з боку вчителя як «значимого іншого». Але водночас необхідно відзначити, що фактуальна сторона знань, мети навчання і виховання в системі освіти базуються на певних стандартах, вироблених соціумом на основі досить великого досвіду і тих уявлень про результати навчання, які адекватні освітнім задачам сучасності.

По-друге, з педагогічної точки зору, значно зменшується можливість формування у суб'єкта навчання власних способів знаходження розв'язання в проблемній ситуації. У найкращому випадку засвоюється результат у готовому вигляді, а не способи досягнення результату. Трохи перефразовуючи В. Хлебнікова, можна чекати все більшого поділу людства на «винахідників» (способів, методів, об'єктивного знання) і «набувачів» (у нашому випадку, знань у готовому вигляді).

Проблема вибору учнем способу діяльності – вибрати важкий шлях самостійного розв'язання або піти шляхом мінімізації інтелектуальних витрат – пошуку готової відповіді і навіть готового способу досягнення рішення, можливо залежить від мотивації. Як показує аналіз результатів впровадження інформаційно-комунікаційних технологій у навчальний процес, названі технології дозволяють різко збільшити компонент самостійної навчальної діяльності, тобто діяльності, у якій учитель присутній, у найкращому випадку, тільки опосередковано, на певних етапах. Багатьма дослідниками цей ефект інформатизації освіти відзначається як явно позитивний. Але одночасно з цим зменшується час спілкування вчителя й учня, що не сприяє вихованню у суб'єкта навчання, який залишився сам на сам з досить різноманітною інформацією, стійкої мотивації до продуктивної діяльності з перетворення і використання інформації, що почуттєво сприймається. Отже, відбувається поступова деформація цілей навчальної діяльності, індивідуально-стильових особливостей суб'єкта навчання залежно від умов діяльності і властивостей середовища навчання, особливостей когнітивного стилю діяльності і, зрештою, деяких рис характеру, поведінкових структур.

По-третє, у культурологічному плані, за наявності й доступності інформаційних систем відбувається зміна диспозиції суб'єкта щодо особистісних сенсів привласненої інформації. Утім, формуються специфічні логіко-стильові особливості пізнавальної діяльності взагалі. Наприклад, для розв'язання деякої навчальної задачі нинішньому школяреві (і студенту) досить викликати з мережного інформаційного ресурсу відповідний «розв'язник» або натиснути декілька кнопок за певним алгоритмом пошуку інформації. Результатом такого навчання є засвоєння саме алгоритму керування інформаційним засобом, а не сутності розв'язання задачі. Педагогічна непродуктивність такої пізнавальної діяльності, що, як уже було сказано, детермінована, з одного боку, доступністю інформації, а, з іншого боку, недостатньо сформованою мотиваційною сферою учня, приводить до перенесення акцентів навчальної діяльності, нестабільності результатів навчання. Як відомо, основною метою навчання є не запам'ятовування зовнішніх форм і порядку дій, а формування узагальненого способу діяльності і прояснення сутності досліджуваної події. Наведений приклад показує рольову переорієнтацію учня – він виконує роль не стільки дослідника досліджуваної події, скільки оператора інформаційного засобу, на екрані якого відображається дана подія.

По-четверте, не можна не звернути увагу на переважно «екранну» організацію взаємодії учня з інформаційним засобом. «Екранна технологія» при-

пускає знаходження суб'єкта навчання одночасно в полі образів, у полі знань і в полі змістів. Превалювання переваг кожного поля визначається цільовою настановою, що формується не тільки педагогічною директивною, але і досвідом, що здобуває користувач у процесі власної продуктивної діяльності.

Педагогічні спостереження показують, що в тому випадку, коли особистісний досвід діяльності накопичується переважно в комп'ютерно орієнтованому середовищі, перевага надається образу. Це пов'язано з тим, що нині навчальна інформація, «закладена» у навчальних середовищах, подається користувачеві-учню, у переважній більшості випадків, саме у вигляді образу, у вигляді деякої «екранної події». У процесі виконання завдань у навчальних середовищах учень оперує образами речей, подій, фактів і т. д. Для екранних технологій характерно, що в середовищі почуттєвого пізнання учня перебуває не сам предмет пізнання, а його екранне зображення, згенероване навчальним середовищем. Сучасні дослідження в галузі філософії пізнання показують, що «...адекватність почуттєвого пізнання, припускаючи відповідність сенсорних даних характеристикам об'єкта, разом з тим безпосередньо залежить від наявних у суб'єкта наборів понять і гіпотез, а також від установок і напрацьованих пізнавальних схем. Усі ці засоби, особливо висування гіпотез, забезпечують процедуру інтерпретації, або осмислення, у результаті чого почуттєві дані одержують предметні змісти, а сприйняття виявляється тісно пов'язаним з розумінням»¹. Отже, застосування інформаційних технологій в освіті більш продуктивне після етапу цілеспрямованого формування «у суб'єкта наборів понять і гіпотез, а також від установок і напрацьованих пізнавальних схем». На цьому етапі роль учителя виступає на перший план.

Перехід у поле змістів пов'язаний зі значними витратами суб'єктом навчання інтелектуальної енергії саме в тому випадку, коли він не має змоги спостерігати особистісне відношення вчителя до даної інформації. Внаслідок цього можливе засвоєння знання на основі спотвореного змісту і формування в суб'єкта навчання спотвореного особистісного поля знань. Висловлення С. Л. Рубінштейна² «... правильне розуміння відношення змісту знання до пізнавальної діяльності суб'єкта неможливе без правильного розуміння його ставлення до об'єкта пізнання, не зрозумівши правильно одне, неможливо правильно зрозуміти інше» є актуальним і нині в епоху широкого проникнення екранних технологій у сферу освіти.

Спостерігаючи екранний образ об'єкта реальності, суб'єкт «за замовчуванням» розуміє його як реальний об'єкт тільки в тому випадку, якщо спеціально підготовлений до цього. Наприклад, якщо є підпис під екранним образом або цим образом є фотографія реального об'єкта вже відомого суб'єкта – спостерігача. Але в кожному випадку екранний образ має бути співвіднесений з контекстом події, у якій розвивається діяльність суб'єкта.

Для правильної інтерпретації екранного образу, тобто перенесення його в поле змістів без спотворень, суб'єкт повинен розуміти неможливість відо-

¹ Микешина Л.А. *Философия науки: эпистемология. методология. Культура*. – М. : «Издательский дом Международного университета в Москве», 2006. – 445 с.

² Рубинштейн С. Л. *Бытие и сознание. Человек и мир*. – М., СПб: изд-во «Питер», 2003. – 358 с.

кремлення екранного образу від процесів, що його породжують. Відокремлення їх один від одного призводить до нерозуміння системи обмежень, які накладені на образ процесом його породження (процесом створення і презентації для користувача). До складу цих обмежень входять як об'єктивні (наприклад, можливий рівень абстракції математичної моделі, що «породжує» екранний образ), так і суб'єктивні фактори. До суб'єктивних факторів можна віднести реалізацію автором навчального середовища своїх теоретичних подань (мети створення, рівня розуміння і т. д.), які залежать від рівня його кваліфікації і, до деякої міри, сфери професійної діяльності.

Дещо спрощуючи проблему, можна говорити про те, що інформаційні технології, зокрема середовища навчання, виступаючи проміжним агентом між знанням і людиною, яка має це знання засвоїти, побудовані на основі моделювання реальної дійсності. Екранні образи в даних технологіях є копіями або, у кращому випадку, функціональними аналогами реальних речей, подій, фактів і т. д. Наступним етапом, згідно Ж. Бодріяру³, є етап формування власне симулякрів.

Технологічно орієнтоване середовище навчання, яким, за своєю суттю, є комп'ютерно орієнтоване навчальне середовище, відображає рівень технологічного розвитку соціуму, у якому здійснюється підготовка суб'єктів навчання до існування в даному соціумі. Неадекватне відображення в такому середовищі цілей навчання і системи педагогічних задач неминуче призводить до неадекватності результатів навчання, реалізації системи симулякрів у структурі свідомості учня.

Крім розглянутих проблем, що супроводжують процес інформатизації освіти і вже нині є досить очевидними, існує і ціла низка інших, які також можуть бути віднесені до безлічі педагогічних ризиків.

На наш погляд, до цієї множини можуть бути віднесені:

1) проблема «ведений – ведучий» у системі «учень – комп'ютер» на різних вікових рівнях суб'єкта навчання;

2) проблема декомпозиції «зони найближчого розвитку» учня за спільного впливу на суб'єкт навчання вчителя і комп'ютерно орієнтованого навчального середовища;

3) проблема формування у свідомості учня образу комп'ютера як «значущого іншого» і викликане цим зниження авторитету і лідерської ролі вчителя в навчальному процесі;

4) проблема превалювання алгоритмічного мислення над творчим мисленням у активних користувачів засобами інформаційних технологій;

5) проблема гетерохронності процесу навчання залежно від рівня комп'ютерної грамотності учасників даного процесу.

Перераховані проблеми, як і деякі інші, які вже зацікавили дослідників (зокрема – комп'ютерна залежність, яка доходить до рівня аутизму, комунікація та самоідентифікація в інформаційних мережах, психологічні особливості хакерів, формування творчої особистості в інформаційному середовищі і т. д.) вимагають експериментального вивчення і системного аналізу.

³ Бодріяр Ж. Симулякри і симуляція. – К.: Видавництво Соломії Павличко «ОСНОВИ», 2004. – 118 с.

РОЗДІЛ І. ДИДАКТИЧНІ ТА МЕТОДИЧНІ ЗАСАДИ ВИКОРИСТАННЯ КОМП'ЮТЕРНИХ ТЕХНОЛОГІЙ У ШКІЛЬНОМУ НАВЧАЛЬНОМУ ДОСЛІДЖЕННІ

1.1. Діалектика педагогічного знання в умовах комп'ютерно орієнтованого процесу навчання

Досвід використання інформаційно-комунікаційних технологій (ІКТ) в системі освіти свідчить, що під впливом активного використання засобів ІКТ у навчальному процесі загальноосвітньої школи у свідомості учасників педагогічного процесу відбуваються істотні зрушення, які пов'язані з переходом від класичного образу педагогічних явищ до посткласичних уявлень, притаманних інформаційному суспільству. Принципова спрямованість всіх цих змін полягає, насамперед, у поступовій відмові освітян від поглядів на науково-педагогічне знання як на таке, що описує керований, дидактично детермінований процес навчального пізнання, й у прийнятті конструктивно-діяльнісного підходу, який враховує вплив на суб'єкта навчальної діяльності інформації, яка доступна суб'єкту навчання через засоби ІКТ, може бути подана суб'єкту в різних модальностях, практично не залежить від керівника навчального процесу, спирається на власні уявлення суб'єкта про необхідність їх залучення до процесу навчального пізнання, спирається на рівень опанування суб'єктом засобами ІКТ. Усе це вимагає критичного переосмислення традиційних філософсько-методологічних вихідних уявлень про відношення педагогічного знання стосовно процесу навчання до освітянських реалій сучасного інформаційного середовища, про об'єктивність педагогічного знання в умовах швидкоплинних соціальних і технологічних змін, про можливість випереджального обґрунтування підходів до цілей навчання і виховання, визначення моделей освіти, які здатні реалізувати ці підходи, про критерії і норми такого обґрунтування тощо. Означена проблематика, яка до моменту активного втручання засобів ІКТ в освітні системи поступово, у міру розгортання процесів інформатизації освіти, накопичувала внутрішні діалектичні протиріччя, на сьогоднішній день набуває все більшої актуальності.

Утім, діалектичний характер процесів інформатизації системи освіти має своє вираження у суперечностях, які спостерігаються між декларованими і реальними результатами інформатизації, неадекватності застосування методів, притаманних індустріальному суспільству, для визначення якісних і кількісних результатів інформатизації системи освіти, між необхідністю підготовки підростаючого покоління до існування в постіндустріальному, інформатизованому суспільстві та випадковістю активного використання засобів ІКТ у навчальному процесі, що обумовлено низкою організаційно-управлінських, фінансово-економічних, методичних та теоретико-методологічних обставин.

Найбільш яскравими прикладами проникнення ІКТ в освітні процеси є поява дистанційної форми навчання з використанням глобальних комп'ю-

терних мереж, застосування комп'ютерно орієнтованих засобів навчання і навчальних віртуальних середовищ, які, з точки зору класичної педагогіки, можна назвати педагогічними феноменами. Спроба відсунути на «задній план» множину проблем, яка тут виникає, або спрощеним підходом розроблення конкретних методик застосування засобів ІКТ у навчально-виховному процесі, не може, на наш погляд, призвести до бажаних позитивних результатів комп'ютерно орієнтованого навчання.

Зміна природи педагогічного знання, як однієї з форм пізнавального відношення до світу, явищ реального педагогічного процесу, відбувається на стику власне методико-методологічного знання, культурологічного, соціологічного та інших підходів до знання. Водночас необхідно пам'ятати, що реальні зрушення в педагогіці, які відбуваються в результаті переходу від класичної парадигми науки до «комп'ютерно орієнтованої» сучасності, можуть допускати різні теоретичні інтерпретації цих зрушень, що, вочевидь, припускає неминучу боротьбу думок навколо всієї цієї проблематики.

Усі вищеназвані педагогічні феномени, за всіх їхніх особливостей, об'єднані однією ознакою – усі вони реалізуються в інформаційних комп'ютерно орієнтованих середовищах. Тобто процес систематичного навчання, який можна розглядати як процес спеціально організованого систематизованого пізнання, у випадку використання засобів ІКТ здійснюється в умовах штучного середовища.

Штучність середовища інформаційних технологій виходить з того, що вони є спеціально сконструйованими середовищами. Засновані на технологічному втіленні математичних методів, ці середовища в основі своїй є не тільки штучними, але й аксіоматичними. З фізичною реальністю інформаційні середовища стикаються на рівні технічної реалізації апаратних засобів ІКТ. Принципова неможливість вийти за межі базової аксіоматики інформаційного комп'ютерно орієнтованого середовища нині визначає множину способів використання засобів ІКТ у навчальному процесі. Крім того, відсутність єдиних критеріїв методологічного осмислення поняття «комп'ютерно-орієнтоване навчання» робить його невизначеним, таким, яке потрібно постійно переглядати відносно різних парадигмальних підходів до освіти, предметного і методичного контексту, історії розвитку ІКТ, соціокультурного замовлення тощо. Усе це утруднює спроби проектувати майбутні можливі трансформації процесу навчання і виховання з використанням засобів ІКТ. Саме ці особливості комп'ютерно-орієнтованого середовища навчання визначають її відставання від прогресу у сфері ІКТ.

Аналіз літератури показує поширення дисертаційно-декларативних висловлень про те, що використання засобів ІКТ в освіті «поліпшує», «забезпечує підвищення», «надає можливість» і т. ін. Це пояснюється превалюванням у дослідженнях позитивних результатів використання ІКТ у навчальному процесі, короткостроковістю досліджень і впливом сформованості в широ-

ких колах освітян «позитивістського» підходу до трактування результатів впровадження ІКТ, що досягають нині міфологічного рівня.

Власне кажучи, більшість публікацій у змістовно-методологічному, психолого-педагогічному і термінологічному плані мало чим відрізняються від робіт В. М. Монахова. Але треба пам'ятати, що в одній із своїх статей, яка стала вже класичною, В. М. Монахов, описуючи результати V Міжнародного конгресу з математичної освіти, що проходив у серпні 1984 р. в Австралії, згадує про деякі проблеми, які були висловлені учасниками конгресу: «На жаль, настільки модне останнім часом гасло «комп'ютери забезпечують індивідуалізацію навчання» завис у повітрі. У виступі Порама Саенгчароенрата (Таїланд) було прямо сказано, що досвід застосування іноземних навчальних програм у його країні дотепер позитивних результатів не дав»⁴. Нині такий скепсис здається, принаймні, недоречним. Кількість публікацій, у яких доводиться, що «комп'ютери забезпечують індивідуалізацію навчання», а застосування навчальних програм дає тільки позитивні результати, перевищує всі розумні межі.

Характерним є також висловлення В. М. Монахова відносно «... перспективи використання комп'ютерів при навчанні іншим шкільним предметам; інакше кажучи, як це було відзначено вище, комп'ютер як засіб навчання. По цій проблемі немає однозначно виявлених перспектив»⁵. На сьогоднішній день таке використання комп'ютерів вважається тривіальним.

Першими ознаками посткласичного підходу до педагогічного знання, які відповідали інформаційному комп'ютерно орієнтованому підходу до процесу навчання, можна вважати педагогічні ідеї В. М. Монахова. Методологічною основою інформатизації системи освіти в Радянському Союзі була саме система ідей Монахова В. М., яку можна коротко виразити одним реченням «алгоритмічна культура». Так, у своїй статті В. М. Монахов, відповідаючи на запитання «Які основні особливості комп'ютерного процесу пізнання?», стверджує: «Успішність комп'ютерного процесу пізнання насамперед припускає наявність у школяра певного рівня алгоритмічної культури».⁶

Очевидно, що ця педагогічно продуктивна ідея повністю відповідала не тільки розумінню В. М. Монаховим педагогічного потенціалу інформатики, але й рівню розвитку апаратно-програмного комплексу (АПК), притаманного для часів формування даної методології. Технологічний прогрес у галузі ІКТ і накопичений на часі досвід їх використання в галузі освіти не тільки під час навчання інформатики, а практично всіх навчальних предметів на всіх освітніх рівнях нині показують необхідність перегляду деяких положень цієї методології.

⁴ Монахов В. М. Информационная технология обучения с точки зрения методических задач реформы школы // Вопросы психологии. – 1988. – №2. – С. 27-36., С. 21.

⁵ Там же

⁶ Монахов В. М. Информационная технология обучения с точки зрения методических задач реформы школы // Вопросы психологии. – 1988. – №2. – С. 27-36., С. 21.

Зокрема, це стосується навчального віртуального середовища, а конкретніше його втілення у формі «віртуальної лабораторії», яке, судячи з публікацій, присвячених даній проблемі, виправдовує себе у вищій школі й поступово поширюється у системі загальної середньої освіти. Сутність віртуального середовища, яким за своєю суттю є «віртуальна лабораторія», полягає в тому, що інформація, яка сприймається учнем у процесі спостереження подій на екрані комп'ютера, як об'єктивна реальність, є відображенням певної математичної моделі цієї реальності. Як будь-яка математична модель, ця інформація є спрощеним описом об'єкта дослідження, тобто деякою теоретичною абстракцією, рівень якої визначається розробником, а ступінь реалізації – можливостями АПК. Через це суб'єкт навчальної діяльності виступає не як дослідник реальної події, а як дослідник поводження математичної моделі, особливості якої визначаються апаратно-програмними властивостями засобу ІКТ.

Нині, коли поняття «алгоритмічна культура» у середній загальноосвітній школі практично замінено поняттям «комп'ютерна грамотність» в розумінні оволодіння учнем користувацькими навичками володіння засобами ІКТ, учень-користувач не створює програму на алгоритмічній мові, за якою відбуваються події, що спостерігає учень на екрані комп'ютера. Така відчуженість учня від процесів, які відбуваються в програмному середовищі комп'ютера, забезпечує можливість формування у суб'єкта навчальної діяльності спотвореного уявлення щодо властивостей явища, яке ним візуально сприймається з екрану комп'ютера.

На підставі досліджень психофізичних особливостей візуального сприйняття В. О. Барабанщиков⁷ робить висновок про те, що «абстрактно-результативне уявлення суб'єкта і об'єкта сприйняття стає підставою того, що знання, уявлення, установки самого дослідника мимоволі приписуються об'єкту сприйняття і співставляються з почуттєвим змістом досліджуваного суб'єкта». Виходячи з цього положення, у нашому випадку можна стверджувати, що аналіз суб'єктом властивостей події, що сприймається, може йти як у напрямі виявлення актуальних характеристик події, що відбувається на екрані, і виступає у даному випадку як об'єкт-ситуація і визначається змістом навчання, а може йти шляхом вивчення «історії» формування цієї події низкою дій з керування засобом ІКТ, тобто виступати в якості об'єкта-образу. Перенесення акцентів аналізу суб'єктом навчання події, що сприймається, з об'єкта-ситуації до об'єкта-образу визначає перенесення розумових дій суб'єкту з області вивчення навчального предмету до області вивчення зовнішніх ознак екранної події, тобто переходом від ситуації навчання до ситуації розпізнавання образу. У результаті цього можливо переформулювання суб'єктом цілей власної діяльності (якщо не у глобальному масштабі, то на певному етапі навчальної діяльності).

⁷ Барабанщиков В. А. *Восприятие и событие*. – СПб. : Алетейя, 2002. – 512 с., С. 70.

Проблема суб'єкт-об'єктних відносин у системі «суб'єкт навчання – віртуальна реальність» визначається також тим, що об'єкт «віртуальна реальність» виступає відносно суб'єкта як елемент зовнішнього середовища, тобто отожднюється суб'єктом з фізичною реальністю. Внутрішнє протиріччя тут полягає в тому, що властивості фізичної реальності не залежать від суб'єкта, який її досліджує, а «віртуальна реальність» залежить від того, як суб'єкт з нею поводить у процесі навчального дослідження.

Як у випадку фізичної реальності, так і у випадку «віртуальної реальності» відправною точкою для аналізу є властивість події, що сприймається, як результат її сприйняття суб'єктом, який є співучасником цієї події. Але у випадку фізичної реальності для суб'єкта діяльності існує множина альтернатив щодо визначення шляхів аналізу події (її кількісних і якісних ознак), виокремлення параметрів події, які можуть бути пов'язані, зокрема, із її складовими. Водночас «віртуальна реальність», що побудована як дидактично орієнтований комплекс (система), жорстко детермінована як заздалегідь визначеними навчальними цілями, так і можливостями АПК, особливостями математичної моделі поведінки події, що досліджується (навіть у самому широкому розумінні).

Ще однією особливістю «віртуального середовища» є визначеність процедур представлення екранної події користувачеві, яка також закладається на етапі створення розробником названої «реальності». Фізична реальність вимагає від суб'єкта діяльності (у нашому випадку діяльності навчального дослідження) самостійного вибору того фрагменту реальності, який планується ним для вивчення. Це означає необхідність самостійного планування поведінки у проблемній ситуації, формування власної траєкторії низки дій, які мають привести суб'єкта-дослідника до визначеної мети дослідження. Отже, у випадку здійснення навчального пізнання в умовах фізичної реальності розподіл діяльності на мікроепізоди визначаються суб'єктом самостійно і певною мірою залежать від його особистісних якостей, які наразі розвиваються. У випадку «віртуальної реальності» мікроепізоди дослідження визначаються особистісними якостями розробників АПК. Результатом цього є нівелювання суб'єкта навчальної діяльності як особистості в процесі навчального пізнання в умовах «віртуальної лабораторії».

Засоби ІКТ як інтелектуальне знаряддя, яке використовує учень в процесі навчального пізнання, впливає на формування не тільки структур його операційної діяльності («кнопкові технології»), але й на формування структури розумових дій як результату інтерпретації екранного образу, прийняття рішень щодо властивостей цього образу, способів впливу на властивості і відповідності образу «екранної реальності» реальностям фізичного світу. Усі ці фактори впливають на позицію учня відносно навчальної інформації, визначають «траєкторію» власного розвитку учня, систему цілей діяльності в інформаційному середовищі, стратегію і тактику досягнення цілей діяльності.

Отже, педагогічна практика і спеціальні дослідження показують, що існує система ризиків, яку треба враховувати в процесі створення прогностично навантажених методико-методологічних підходів до застосування засобів ІКТ у навчальному процесі загальноосвітньої школи. Як показує досвід інформатизації освіти взагалі й навчального процесу зокрема, в міру ускладнення засобів ІКТ, які використовуються у навчальному процесі загальноосвітньої школи, просування учня в опануванні навчальними предметами, які знаходяться поза межами ІКТ, супроводжується його просуванням у галузі ІКТ. Цей ефект «паралельного» просування є позитивним з точки зору підвищення загальної «комп'ютерної грамотності», але, з іншого боку, призводить до різкого розшарування учнівської аудиторії. У результаті збільшення гетерохронності навчання утруднюється оперативне управління навчальним процесом з боку учителя. Затримка в опануванні засобами ІКТ викликає затримку в опануванні програмним навчальним матеріалом.

З іншого боку, процес «конструювання» суб'єктом навчання власного розуміння навчального матеріалу опосередковується через розуміння учнем властивостей, можливостей та способів використання засобів ІКТ. Нав'язана засобами ІКТ технологічний компонент знання не завжди педагогічно доцільний через породження додаткових цілей навчальної діяльності, які генеруються як проміжні контекстно педагогічної ситуації, яка розв'язується засобами ІКТ. Замість адаптації учня до єдиного реального світу, він спостерігає множину його «віртуальних відображень» й, отже, постійно знаходиться в умовах вибору, що супроводжується стресовими ситуаціями. Зараз можна казати, що поняття «навчальна безпорадність» має прояв у галузі використання засобів ІКТ, якщо вони гальмують учня відносно запланованого до вивчення навчального матеріалу.

Використання засобів ІКТ для реалізації «оберненого зв'язку» з метою оперативного оцінювання результатів навчальної діяльності й управління навчальним процесом розуміє відсутність розбіжності в рівні опанування учнями засобами ІКТ. Наявність в учнів диференціації навичок щодо безпомилкового використання засобів ІКТ деякою мірою спотворює інформацію, на підставі якої учитель оцінює результати навчання і приймає рішення відносно коригування навчального процесу. Невизначеність впливу цього фактору і пов'язана з цим неадекватність отриманої учителем інформації реальному стану речей призводить до можливості помилкових рішень як відносно оцінювання результатів навчальної діяльності, так і відносно переструктурування процесу навчання.

1.2. Навчальна діяльність у процесі вивчення фізики у загальноосвітній школі

Шкільна освіта є спеціально організованою системою прямих навчально-виховних дій, спрямованих на формування визначеної множини знань, умінь та навичок, структура і зміст якої відповідає тій соціально-бажаній моделі особистості, що притаманна існуючій парадигмі освіти.

У сучасній дидактиці процес навчання розглядається як двосторонній процес спільної діяльності вчителя й учнів, який спрямований на розв'язання поставлених перед школою навчально-виховних завдань. Наразі діяльність учителя (процес навчання) зводиться не лише до викладання, тобто до передавання учням певного обсягу готових знань і формування у них конкретних умінь і навичок, а й спрямована на організацію й керівництво навчально-пізнавальною діяльністю учнів, їх виховання і розумовий розвиток.

Діяльність учнів (процес учіння), у свою чергу, розглядається також як складний динамічний процес пізнавальної діяльності, який охоплює не лише опанування того, що дає вчитель, і є узагальненим досвідом людства у вигляді готових знань, порад і рекомендацій щодо їх використання у житті, а й передбачає набуття кожним учнем власного досвіду в пізнанні навколишнього світу на основі самостійного оперування знаннями й оволодіння необхідними для цього діями і способами. Тобто, у процесі учіння школярі засвоюють нові поняття, закони, теорії, ідеї, пізнають сутність тих явищ і процесів, що вивчаються, навчаються їх розуміти, узагальнювати та систематизувати. Одночасно учні набувають досвіду застосовувати одержані знання на практиці, опановують систему вмінь і навичок, способи навчальної, оцінювальної і трудової діяльності та прийоми самостійного оволодіння новими знаннями.

Назагал чільне місце у процесі навчання займає пізнавальна діяльність учнів, їх учіння і постійне просування в сторону пізнання більшої кількості явищ і процесів та пізнання більш глибоких і суттєвіших зв'язків і взаємозалежностей між природними явищами і процесами та відповідними галузями наукових знань. Водночас процес пізнання учнів відбувається не самоплинно, а у спільній діяльності з учителем і під його керівництвом. Відповідно вчитель, враховуючи особливості учнів (їхні здібності, нахили, побажання, вікові можливості і т. п.), систематизує і конкретизує зміст навчального матеріалу, доводить до логічного завершення знання учнів, він відшуковує найбільш раціональні шляхи формування в учнів умінь, котрі необхідні для самостійного пізнання природи, виробляє навички самостійної пізнавальної діяльності у кожного учня.

Іншими словами, процес навчання відбувається у постійному спілкуванні учнів з учителем у школі й поза нею, що, зрозуміло, суттєво впливає на характер і хід пізнавальної діяльності. Слід вказати, що пізнавальна діяльність школярів відбувається у спілкуванні учнів між собою та з іншими чинниками.

На основі цього створюються різноманітні взаємовідношення, одні з яких прямо, а інші – побічно, але певною мірою впливають на учіння завдяки обміну навчальною і науковою інформацією, підтримки і взаємодопомоги, а також загальній оцінці результатів навчання, як суспільно важливого фактору (рис. 1.1).



Рис. 1.1. Модель групового виконання навчального завдання в процесі навчання

Методологічною основою процесу навчання є діалектика пізнання, яка розглядає його як динамічний процес активного, а не дзеркального, відображення явищ і процесів навколишнього світу і причинних закономірних зв'язків між ними у свідомості людей, що постійно спрямований на пізнання істини і постійний рух та розвиток у пізнанні від менш повного і глибокого на вищий рівень, до більш повного і глибокого оволодіння істиною.

Відповідно, організацію навчального процесу з фізики вчителів слід проводити так, щоб не зводити його до простого повідомлення лише готових знань, бо в ньому немає прямолінійного, постійного механічного руху на шляху до істини, а, можливо, існують різні ходи, спади, непередбачений хід думки, можливі прояснення; у ньому мають бути строго логічні роздуми з інтуїцією й уявою; йому притаманні такі категорії, як чуттєво-наочне і абстрактне, індукція і дедукція, змістовне і формалізоване⁸. Структура пізнавального процесу з фізики та його логіка досить проаналізовані в наукових працях,

⁸ Педагогика школы / под ред. чл.-кор. АПН СССР Г.И.Щукиной. – М.: Просвещение, 1977. – 384 с.

наприклад, І. Йорданова⁹ і достатньо узагальнена у дослідженні О. І. Ляшенка. Вона є «багатоступеневим циклом переходу емпіричного змісту фактів і результатів спостережень у теоретичний сенс логічних конструктів»¹⁰. Такий пізнавальний цикл, особливо у його найвищій формі наукового пізнання, включає в себе об'єкт пізнання, емпіричне знання, теоретичне знання, техніко-технологічне знання і нові знання й алгоритми діяльності. Він складається з чотирьох фаз, які розглядаються як функціональні стани: цілеспрямоване наукове спостереження, теоретико-логічне узагальнення, науково-технічне застосування і науково-практичне застосування. Стверджуючи подібність процесу пізнання в науці і в школі, не слід забувати і те, що за наявності загальних і подібних компонентів для обох цих процесів характерні і суттєві відмінності, бо: а) у навчанні має місце оволодіння учнями новим, яке вже відкрите для людства; б) навчальний процес проходить без тих труднощів, відхилень, помилок, які зустрічаються у науковому пізнанні; в) у процесі навчання пізнання зумовлене дидактичними завданнями, розв'язання яких значною мірою залежить від учителя, від спеціально відібраного навчального матеріалу та методів і засобів навчання, а також від педагогічно правильно організації і проведення пошуково-пізнавальної діяльності учнів.

Відповідно до завдань, поставлених перед школою, у процесі вивчення шкільного курсу фізики знаходять своє вирішення такі основні функції: освітня, розвивальна, виховна, практична, які тісно взаємопов'язані між собою.

Освітня функція процесу навчання полягає в тому, щоб озброїти учнів тими знаннями, які є надбанням людства, навчити самостійно здобувати знання і сформувані у кожного школяра цінні вміння і навички, використовувати набуті знання на практиці. У зв'язку з цим до оволодіння знаннями ставляться такі вимоги:

- повнота знань, яка не допускає прогалин у системі одержуваних знань, а в логіці навчального предмета не допускає ігнорування певних ланцюжків, важливих для розуміння опорних ідей чи суттєвих причинно-наслідкових зв'язків;
- систематичність знань, їх упорядкованість, гармонійність, підпорядкованість, щоб будь-яке знання випливало з попереднього і водночас передбачало розвиток нового;
- усвідомленість знань за рахунок практичного їх засвоєння, що не допускає догматичного підходу, а базується на прагненні вчителя до розвитку мислення учнів, до формування в кожного учня бажання постійних самостійних пошуків в оволодінні знаннями;
- дієвість знань, уміння оперувати ними і мобілізувати наявні знання для отримання нових, що досягається під час ознайомлення учнів з методами науки.

⁹ Йорданов І. Наука как логическая и общественная система /Познавательные и прикладные функции современной науки/. – К. : Наукова думка, 1979. –269 с.

¹⁰ Ляшенко О. І. Формування фізичного знання в учнів середньої школи. – К. : Генеза, 1996. – 128 с.

Важливими компонентами освітньої функції процесу навчання є уміння і навички. Проблема умінь і навичок у теоретичному аспекті досить складна, але практично надзвичайно важлива, оскільки від характеру і рівня їх сформованості великою мірою залежить ефективність і результативність діяльності людини, особливо в умовах інструментально насиченого високотехнологічного середовища. У навчальному процесі вміння і навички перебувають у тісному взаємозв'язку і взаємообумовленості. Однак їх психологічна природа різна подібно тому, як різною є їхня роль у навчанні.

З психологічної точки зору під умінням розуміють особливу діяльність, основним змістом якої є узгоджена система розумових і практичних дій, спрямованих на досягнення чітко усвідомленої мети. Суттєвою властивістю умінь є їх узагальненість, завдяки чому поставлені завдання можуть розв'язуватися в різних і навіть змінюваних умовах.

Під навичками розуміють точну, безпомилкову діяльність, котра в міру багаторазового повторення стає автоматизованою. Цінність навичок полягає в тому, що вони вивільнюють свідому діяльність від регулювання елементарних, відпрацьованих актів під час розв'язування складних задач. Поряд з цим стереотипність навичок може проявлятися як негативний фактор у навчальному процесі, бо бажання учнів діяти за шаблоном, добре засвоєним алгоритмом і т. п. породжує небажання оцінити виконувану дію з іншого боку і випробувати інші підходи і способи під час розв'язування поставлених завдань.

Під діяльнісним підходом у психології розуміють сукупність теоретико-методологічних і конкретно-емпіричних досліджень, у яких психіка і свідомість, їх розвиток і формування вивчаються в різних формах предметної діяльності суб'єкта, а окремі науковці діяльнісний підхід розглядають як особисті форми (види) цієї діяльності, які є похідними від зовнішньопрактичних її форм.

Психологічний аналіз свідчить, що діяльність є складним, багатовимірним та багаторівневим явищем, що динамічно розвивається. У різних підходах і концепціях, як правило, розглядаються окремі аспекти діяльності. В одних концепціях на перший план ставлять операційні аспекти, тобто діяльність описують як послідовність операцій (або дій), що змінюють одна одну. У інших – вивчається мотиваційний аспект діяльності, тобто її розглядають у плані аналізу динаміки спрямовуючих її мотивів. В інших – головним вважають аналіз регулюючих механізмів діяльності. Існують концепції, що описують діяльність у плані аналізу її фізіологічних процесів. Усі названі підходи не заперечують один одного, однак жоден з них не є універсальним.

Особливістю зазначеного аспекту вивчення поняття «навчальна діяльність», що відрізняє його від інших понять, є те, що його практичний зміст і зараз є не досить очевидним як з точки зору змістової наповненості, так і з точки зору його процесуального розуміння. Розглядаючи навчальну

діяльність у сучасному її розумінні, треба виходити з чіткого розмежування таких понять як «навчання» і «діяльність», чіткого визначення ролі і місця цих понять у навчальному процесі, моменту детермінації переходу дії від потенційного до актуального стану.

У процесі навчання і виховання засобами фізики беруть участь безпосередньо, з одного боку, – учитель, а з іншого – учень. Роль кожного з них у навчально-виховному процесі на перший погляд зрозуміла: учитель організовує, спрямовує і керує процесом навчання і виховання, а учень повинен вчитися виконувати всі вимоги учителя. Але процес навчання фізики набагато складніший, ніж це здається на перший погляд: великий спектр психологічних властивостей учнівської аудиторії призводить до нерівномірності, гетерохронності процесу навчальної діяльності у межах одного і того ж навчального середовища, що знаходять своє відображення у тому, що не всі учні своєчасно виконують всі завдання і вказівки учителя, своєчасно сприймають навчальний матеріал, розв'язують задачі, виконують лабораторні роботи з фізики тощо.

Складна взаємодія між учителем й учнями в процесі навчання і виховання (їх діяльність) опосередкована такими компонентами системи, як цілі, зміст та структура шкільного курсу фізики, організаційні форми навчання і виховання, методи і засоби навчання і виховання. Ці системоутворюючі компоненти зумовлюють основні системоутворюючі зв'язки у навчальній діяльності учителя й учня, утворюють складну систему прямих і зворотних зв'язків у навчальному процесі з фізики.

«У процесі навчання поєднуються і диференціюються активність учителя і активність учнів; ці види активності позначаються різними словами: «навчання» й «учіння». Перше слово означає те, що робить учитель (навчає), друге – те, що роблять учні (учаться). Дані психологічних і дидактичних досліджень показали, що розрізнення двох видів активності в процесі спілкування учителя й учнів доцільне і необхідне. Воно важливе для вдосконалення навчання й підвищення його ефективності. Розрізнення значень слів «навчання» й «учіння» має не тільки термінологічний сенс, воно допомагає виділяти різні ролі в спільній діяльності учителів і учнів»¹¹.

Такий диференційований підхід до вивчення діяльності, специфіка якої залежить від ролі й місця суб'єкта діяльності у навчально-виховному процесі, дає можливість більш досконало аналізувати динаміку навчального процесу з точки зору діяльнісного підходу.

За О.М. Леонтьєвим¹², діяльність – форма активності, яка збуджується потребою, тобто станом потреби у визначених умовах нормального функціонування індивіда. Потреба проявляється в пошуковій активності, у ході якої

¹¹ Костюк Г. С. *Навчально-виховний процес та психічний розвиток особистості.* – К.: Радянська школа, 1989. – 608 с.

¹² Леонтьев А. Н. *Деятельность. Сознание. Личность.* – М.: Политиздат, 1975. – 84 с.

вона зустрічається з її предметом, тобто фіксується на предметі, що може її задовільнити. З моменту «зустрічі» активність стає спрямованою, потреба набуває ознак. Отже, мотив – це те, заради чого здійснюється діяльність, а діяльність – це сукупність дій, що викликані мотивом. Одиницею аналізу діяльності виступає дія.

За С. Л. Рубінштейном¹³ діяльність визначається своїм об'єктом, але не прямо, а через внутрішні закономірності взагалі, зовнішні ж причини діють через внутрішні умови. Діяльність треба відрізняти від поведінки. Успіх діяльності суб'єкта залежить від взаємодії трьох компонентів: знань, умінь та мотивації.

Використання категорії діяльності, як пояснюючого принципу, дає змогу розробити положення про планомірне формування розумових дій, про провідну діяльність, як основу періодизації розвитку психіки, про мікρο-структурний аналіз пізнавальної та виконавської діяльності, про діяльнісне опосередкування міжособистісних відносин тощо.

Провідна діяльність (термін запропонований О. М. Леонтьєвим) з точки зору діяльнісного підходу до вивчення психіки, це та діяльність, з якою на даному етапі розвитку пов'язана поява важливих психічних новоутворень й у руслі якої розвиваються інші види діяльності. З точки зору провідної діяльності Д. Б. Ельконіним¹⁴ використано підхід до побудови періодизації розвитку психіки, заснованої на черговій зміні провідної діяльності, яка в одному віковому періоді забезпечує переважний розвиток мотиваційно-потребної сфери, а в іншому – операційно-технічної.

Зміна провідної діяльності визначає перехід на нову стадію. Основним механізмом у цьому виступає перенесення мотиву на мету, тобто перетворення того, що виступало як одна з цілей, у самостійний мотив. Зрозуміло, що кожному віковому періоду відповідає чітко фіксована діяльність, наприклад, навчально-професійна провідна діяльність – від 15 до 17 років.

Проблема періодизації підліткового віку розглядалась багатьма дослідниками, але «при всьому розмаїтті теоретичних концепцій психології підлітків вони характеризуються одним загальним недоліком – однобічністю підходу у еkleктичному поєднанні різних фактів розвитку»¹⁵. На наш погляд, межі підліткового віку найбільш адекватно окреслено у періодизації, що запропонована Д. Б. Ельконіним, де акцент зроблено не на фізичний розвиток організму (пубертатний період), а на появі психологічних новоутворень, що обумовлюють зміну та розвиток провідних типів діяльності. Ця періодизація визначає межі підліткового віку між 10–11 та 15–16 роками.

¹³ Рубинштейн С. Л. *Основы общей психологии*. – М. : Учпедгиз, 1946. – 416 с.

¹⁴ Эльконин Д. Б. *К проблеме периодизации психического развития в детском возрасте // Вопросы психологии*. – 1971. – №4. – С. 6–20.

¹⁵ Фельдштейн Д. И. *Проблемы возрастной и педагогической психологии*. – М. : Междунар. пед. акад., 1995. – 368 с.

Виходячи з цього, Д. І. Фельдштейн робить висновок: «Психолого-педагогічне завдання полягає у тому, щоб добиватися такої побудови системи діяльності, що задається ззовні, такої її організації, яка забезпечує реальний вплив на переструктурування внутрішньої діяльності дитини, формування мотивів цієї діяльності. Саме спеціальне формування провідної діяльності, спрямованої на розвиток мотиваційної сфери особистості, дозволяє розкрити і використати резерви психіки, вікові можливості дитини»¹⁶.

Критичний розгляд уявлень щодо ролі провідної діяльності у віковому розвитку, не дає підстав відмовлятися від її значення, але надає сумніву уявленням про жорстко закріплену визначену провідну діяльність, що виділена у кожному віковому періоді. Залежно від соціальної ситуації розвитку у групах різного рівня і складу провідний характер можуть мати різні види діяльності, опосередковуючи і формуючи міжособистісні відносини. Наразі розрізняють:

- 1) провідну діяльність, що здатна формувати суспільно цінні психічні новоутворення (педагогічний підхід до проблеми провідної діяльності);
- 2) провідну діяльність, що реально формує ці новоутворення (психологічний підхід).

Слід відзначити, що психологи розглядають вид і тип діяльності окремо. Так, вид діяльності – одиниця класифікації, яка визначає особливу діяльність (у загальному процесі діяльності дитини), яка має специфічний предмет, характер, спрямованість дій та операцій. Видами виступають діяльності: спілкувальна, ігрова, учбова (навчальна), трудова, художня, спортивна, організаційносуспільна тощо.

Тип діяльності – більш високий підрозділ у систематиці діяльності. Тип розуміє діяльність, яка обумовлює якісні зміни у психічних процесах, забезпечує формування психічних новоутворень особистості. Так, гра є одним із видів діяльності дітей різного віку. Але у дошкільний період онтогенезу вона стає типом діяльності, який обумовлює рівень функціонування психічних процесів, найголовніші зміни у психологічних особливостях особистості¹⁷.

Дослідження психологів і педагогів дають змогу виділити різні види діяльності, найважливішими з них є:

- внутрішня діяльність – будь яка розумова діяльність, зокрема мисленне відтворення наступних дій, планування. Ця діяльність має дуже важливу функцію: внутрішні дії готують зовнішні дії, оптимізують зусилля щодо вибору необхідних дій, дозволяють запобігати грубих помилок;
- кооперативна діяльність, яка, зокрема, характеризується вмотивованістю і зацікавленістю в результатах діяльності, колегальністю у прийнятті рішень, важливих для сумісної діяльності, готовність до сприймання інновацій, орієнтується на встановлення міжгрупових контактів;

¹⁶ Фельдштейн Д. И. Проблемы возрастной и педагогической психологии. – М. : Международ. пед. акад., 1995. – 368 с.

¹⁷ Ломов Б. Ф. Вопросы общей, педагогической и инженерной психологии. – М. : Педагогика, 1991. – 295 с.

- спільна діяльність – організована система активності індивідів, що взаємодіють. Основні ознаки спільної діяльності: просторова і часова присутність учасників, що дає змогу безпосереднього особистісного контакту між ними – обміну діями, інформацією, взаємною перцепцією; наявність єдиної мети як передбачуваного результату діяльності, що відповідає загальним інтересам і сприяє реалізації потреб кожного з учасників (як прообраз результату і разом з тим початковий момент діяльності, мета теж відноситься до констатувальних ознак); наявність органів організації і керівництва (або в особі одного з учасників, наділеного повноваженнями, або розподільна); розподіл процесу діяльності між учасниками, що обумовлений характером мети, засобів й умов її досягнення, складом і рівнем кваліфікації виконавців;

- особлива діяльність як сукупність дій, що викликані одним мотивом. До них відносять, зокрема, діяльність гри, навчання. Рівень діяльності чітко відокремлюють від рівня дії: мотив може задовольнятися набором різних дій, дія може бути породжена різними мотивами;

- навчальна діяльність – це діяльність, результатом якої є зміна самого діючого суб'єкта (на відміну від ігрової і трудової діяльності, результатом яких є зміна предметів діяльності). Навчальна діяльність, як і будь-яка діяльність, має психологічну структуру: мотиви, цілі, засоби та кінцевий результат.

До основних характеристик діяльності відносять предметність і суб'єктність. Принцип предметності – «ядро теорії діяльності». Мається на увазі, що у теорії діяльності «предмет» розуміється не як «ррч», не як сам собою існуючий об'єкт природи, а як те, на що спрямована діяльність суб'єкта, це – «предмет його діяльності». Предметність має прояв у соціальній обумовленості діяльності людини, у її зв'язку із значеннями, що фіксуються у схемах діяльності. З точки зору діяльнісного підходу, вся психічна (внутрішня) діяльність, зокрема, розумові дії, як уміння оперувати знаннями або їх первісне опанування, є інтеріоризованими, перетвореними зовнішніми предметними діями. Суб'єктивність діяльності має вираз у таких аспектах активності суб'єкта, як обумовленість психічного образу минулим досвідом, потребами, установками, емоціями, цілями та мотивами, що визначають спрямованість і вибірковість діяльності.

Для аналізу діяльності виділяють три аспекти:

- генетичний – у ньому вихідною формою будь-якої діяльності людини є соціальна сумісна діяльність;

- структурно-функціональний – основним у цьому аспекті є принцип аналізу «за одиницями», тобто розклад реальності на «одиниці», що містять в собі основні властивості, притаманні реальності, як цілому; залежно від місця об'єкта в структурі діяльності змінюється зміст психічного відображення, рівень відображення (обізнаний або необізнаний) і вид регуляції діяльності (довільний або недовільний);

- динамічний – тут у розгляді діяльності вивчаються механізми, що забезпечують рух самої діяльності: надситуативна активність, що визначає саморозвиток діяльності і виникнення її нових форм; установка, що обумовлює стійкість цілеспрямованої діяльності в реальності, яка змінюється¹⁸.

Виконання діяльності реалізується на підставі психофізіологічних механізмів, які, зокрема, вивчаються теорією функціональних систем. У цій теорії розглядають психологічні механізми передбачення й оцінювання результатів дій, що отримали назву акцептор результатів дій. Цей акцептор розглядають як інформаційний еквівалент результату, який викликається з пам'яті у ході прийняття рішення, обумовлює організацію рухомої активності у акті поведінки і порівнює його результат з «випереджаючим відображенням»: у випадку співпадіння функціональна система руйнується і суб'єкт переходить до іншої цілеспрямованої поведінки; за часткового співпадіння вносяться виправлення до програми дій; за повного неспівпадіння має місце розвиток орієнтовно-дослідницької поведінки.

Центральним, системоутворюючим компонентом психологічної системи діяльності є її мета. Окреслюють два аспекти мети: по-перше, як ідеальний або розумово представлений її результат, по-друге, як рівень досягнень, якого хоче добитися людина (як завдання досягти визначених показників).

У процесі засвоєння деякої структури діяльності формування мети діяльності починається з передавання учневі нормативної мети-результату. Завдання вчителя на першому етапі навчання полягає саме в тому, щоб сформувати в учнів уявлення про нормативний результат діяльності¹⁹.

Деякі дослідники виділяють два види мети-результату:

- 1) мета-образ – безпосередньо спрямовуюча і регулююча діяльність протягом певного інтервалу часу (наприклад, графічний образ функціональної залежності, що побудована за результатом навчального дослідження);

- 2) мета-завдання – регулююча діяльність через кінцевий результат, що постає у формі нормативного завдання (наприклад, дослідження явища, процесу).

Формування в учня уявлення про те, що має бути отримано в результаті діяльності, є першим етапом формування мети-результату. Мета формулюється мисленно до початку діяльності, залежно від діючого мотиву, від того, наскільки органічно він пов'язаний саме з процесом навчальної діяльності. Отже, ціль навчальної діяльності є ідеально представлений у голові суб'єкта майбутній конкретний результат діяльності. На наступних етапах формується уявлення про якісні і кількісні параметри діяльності.

¹⁸ *Словарь практического психолога.* – Минск : ХАРВЕСТ, 1997. – 798 с.

¹⁹ *Шадриков В. Д. Психология деятельности и способности человека.* – М. : Логос, 1996. – 318 с.

Параметри якості характеризують співпадіння результату діяльності з метою, що була поставлена (наприклад, експериментальне доведення математичної залежності, що була описана у теорії). Параметри кількості характеризують інтенсивність навчальної діяльності (наприклад, кількість вимірювань за одиницю часу, кількість дослідів тощо).

Мета змінюється і в процесі вибору засобів навчання, за допомогою яких планується отримання бажаного результату. Водночас у межах діяльнісного цілеспрямовування формуються такі схеми дій, у яких мета відносно предметної діяльності, постає у вигляді кінцевої причини діяльності. Вона ж є і початковою причиною – безпосереднім збуджувачем даного процесу. Суб'єкт навчання, який має необхідні властивості (здібності), знання і вміння діє через визначені засоби, у результаті цього наближається до мети діяльності.

«Основними «твірними» окремих людських діяльностей є відтворюючі їх дії. Дією ми називаємо процес, підпорядкований уявленню про результат, якого маємо досягти, тобто процес, підпорядкований обізнаній меті. Подібно до того, як поняття мотиву співвідносне з поняттям діяльності, поняття мети співвідносне з поняттям дії... Дія має свій операційний аспект (як, яким способом це може бути досягнуто), що визначається не власно метою, а предметними умовами її досягнення. Інакше кажучи, відтворююча дія відповідає завданню; завдання – це і є мета, що задана у відповідних умовах... Способи здійснення дії ми називаємо операціями»²⁰.

Різниця у здібностях суб'єктів, що засвоюють, а потім здійснюють, одну і ту ж саму діяльність (одну і ту ж саму лабораторну роботу), впливає на якісні і кількісні параметри діяльності. Тому формування мети у кожного суб'єкта діяльності визначається можливим рівнем досягнень. Виходячи з цього, оцінювання результатів діяльності має бути диференційованим, виходити з аналізу вчителем об'єктивних характеристик психічної структури кожного учня. Завищення (так само як і заниження) вимог щодо досягнення результату діяльності впливає на весь процес цілеутворення, формування мотивів та структури навчальної діяльності в цілому.

Отже, аналіз різних видів діяльності дозволяє виділити такі основні функціональні блоки:

- мотиви діяльності;
- цілі діяльності;
- програми діяльності;
- інформаційні основи діяльності;
- прийняття рішень.

20 Леонтьев А. Н. О некоторых психологических вопросах сознательности учения // Советская педагогика. - №1-2. - 1946. - С. 65-72.

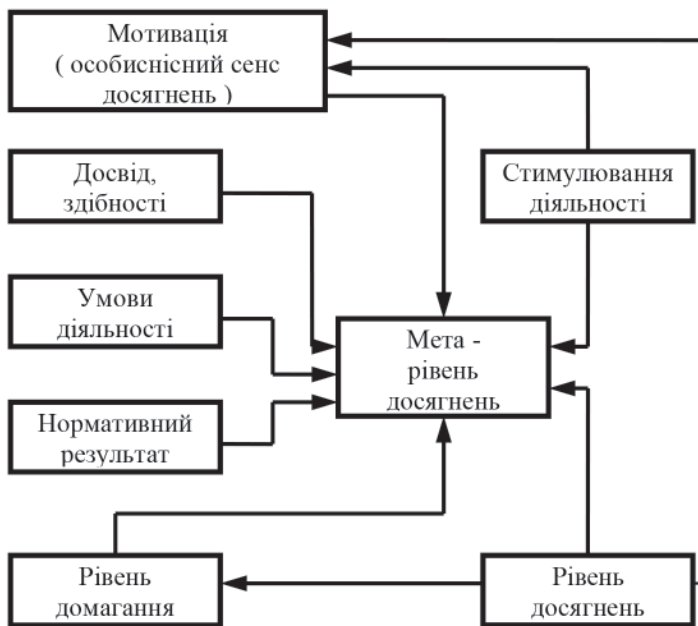


Рис. 1.2. Схема факторів, які визначають формування мети – рівня досягнень

Структури, що відображені у цих блоках (рис. 1.2), є основними компонентами реальної діяльності. Слід пам'ятати, що всі блоки психологічної системи діяльності взаємопов'язані і розглядати їх відокремлено можна тільки з метою дослідження. Можна вважати, що їх нерозривність є наслідком системної, неадитивної природи діяльності. Наведені блоки є окремими аспектами функціонування психологічної системи діяльності, що описують у сукупності її якісну системну специфіку.

Кінцевим етапом процесу формування мети є вироблення критеріїв, за якими відбувається прийняття рішення про досягнення мети діяльності. Йдеться про те, що спочатку уявлення про нормативний рівень мети-результату може виступати у вигляді деякої множини припустимих результатів. У процесі вироблення мети нормативний результат перетворюється у конкретну мету діяльності суб'єкта, яку можна назвати фіксованою.

За В. Д. Шадриковим²¹ фіксованій меті відповідає цілком визначений результат, який він називає результатом, що відповідає деякій фіксованій меті. Це надає можливість описувати фіксовану мету кількісними і якісними

²¹ Шадриков В. Д. Психология деятельности и способности человека. – М. : Логос, 1996. – 318 с.

характеристиками за такими параметрами, за якими відбувається порівняння результату діяльності з нормативною метою. Ці характеристики фіксуються суб'єктом як еталонні й набувають властивості критеріїв, за якими здійснюється прийняття рішення про досягнення мети діяльності. Такі критерії виробляються не тільки для діяльності в цілому, але і для кожної окремої дії. У нашому випадку прикладами такої окремої дії можуть бути «зчитування» показу вимірювального приладу, побудова графіка за даними навчального дослідження, математичні перетворення тощо.

Прийняття учнем діяльності є принциповим етапом її засвоєння. Так, відомо, що у процесі діяльності розв'язування навчальної задачі з фізики, розходження між задачею, що задається ззовні, та її фактичним розв'язком є фундаментальним фактом: учень розв'язує лише ту задачу, якій надає особистісний смисл. Як підкреслював С. Л. Рубінштейн²², таке приписування ззовні заданої задачі особистісного смислу є необхідною умовою переходу навчальної дії в завдання для суб'єкта навчання, що спонукає його до діяльності, та визначає подальший її хід. «Доозначення навчальної дії – один з психологічних механізмів навчальної діяльності, який може бути повністю проаналізований тільки у випадку, коли діяльність учнів розглядається в межах навчання»²³.

Насьогодні ще не розроблено єдиних підходів до проблеми мотивації, не сформульовано чітких понять, а існуючі поняття полісемічні (їх розуміння великою мірою залежить від контексту суджень). Аналіз наукових досліджень з проблем мотивації дозволяє побачити три основні шкали класифікації мотивів: усвідомлення – неусвідомлення, природженість – набутість, якісні характеристики.

В окремих роботах провідну роль під час розгляду мотивації поведінки людини дослідники надають факторам необхідності, належності, волі.

Аналізуючи такі форми поведінки людини, за яких збудником виступають прийняті рішення, Л. І. Божович²⁴ приходить до висновку, що наміри завжди виникають на базі потреби, яка не може бути задоволена та потребує виконання проміжних дій, що не мають своєї власної спонукальної сили. За Л. І. Божович, потреби починають діяти через обізнано встановлені цілі, прийняті рішення та наміри. Тут треба зазначити, що спонукання належності, завжди виконуються заради деякої потреби, але у деяких випадках ці потреби перетворюються в особистісно-значимі і починають виступати як потреби особистості. У першому випадку спонукання належності виступають як стимули, у другому – як мотиви.

²² Рубинштейн С. Л. *Основы общей психологии*. – М. : Учпедгиз, 1946. – 416 с.

²³ Машиц Е.И. *Компьютеризация обучения: проблемы и перспективы*. – М.: Знание, 1986. – 80 с.

²⁴ Божович Л. И. *Личность и ее формирование в детском возрасте*. – М. : Просвещение, 1968. – 435 с.

У процесі навчання, навчальної (учбової) діяльності відбувається розвиток і трансформування мотиваційної структури суб'єкта діяльності. Виконання практичних дій допомагає формуванню структури мотивів та їх обізнаності. Результатом цього процесу, за О. М. Леонтьєвим, є встановлення особистісного смислу діяльності й окремих її аспектів. Розуміння особистісного смислу діяльності знаходить своє відображення у характері виконання окремих дій та діяльності у цілому. Подальша зміна мотиваційної сфери відображається в появі нових та інволюції старих мотивів, у зміні абсолютного і відносного значення окремих мотивів, у зміні структури мотивів.

Виходячи із загальної методологічної концепції про те, що зовнішні дії заломлюються на внутрішні умови, можна стверджувати, що нормативна діяльність завжди буде мати індивідуальний характер, що є наслідком виразу діяльності через особистісні якості. З іншого боку, коли людина не спроможна на певному рівні розвитку реалізувати потреби діяльності, здійснюється розвиток саме діяльності й розвиток людини.

П. Я. Гальперін²⁵, згідно з розробленою ним концепцією поетапного формування розумових дій, виділяє шість етапів, на яких здійснюються зміни, пов'язані з утворенням у людини нових дій, образів та понять:

1) формується мотиваційна основа дії – будується відношення суб'єкта до цілей і завдань наступної дії і до змісту матеріалу, наміченого для засвоєння;

2) складається схема орієнтовної основи дій: виділення системи орієнтирів та вказівок, врахування яких є необхідним для виконання дій; у ході засвоєння дій ця схема постійно перевіряється й уточнюється;

3) формування дії у матеріальній (матеріалізованій) формі: суб'єкт виконує потрібні дії з опорою на представлені ззовні зразки дії, зокрема – на схему орієнтовної основи дії;

4) «голосна соціалізована мова», коли в результаті багатократного підкріплення складу дії систематично правильним розв'язуванням різноманітних завдань відпадає необхідність мовного користування орієнтовною схемою; її зміст відображається у мові, яка виступає як опора для дії;

5) формування дії у «внутрішній мові про себе»: відбувається поступове зникнення зовнішнього, звукового боку мовлення;

6) мовний процес «йде» зі свідомості, залишаючи у ній тільки кінцевий результат – предметний зміст дії.

На кожному етапі дія виконується спочатку розгорнутого, а потім поступово скорочується, згортається. Практично формування нової дії або поняття може проходити з пропуском окремих етапів, що перераховані. Але розшифрування механізму кожного часткового випадку, пояснення конкретної динаміки формування дій – усе це стає можливим тільки завдяки знанням повної системи поетапного формування розумових дій.

²⁵ Гальперін П. Я. *Основные результаты исследования по проблеме «Формирование умственных действий и понятий»*. – М. : Изд-во МГУ, 1965. – 52 с.

Спеціальне втілення цієї концепції у випадку постановки мети отримання дії з визначеними, заздалегідь заданими показниками загальності, розумності, свідомості, критичності тощо має назву планомірно-поетапного формування розумових дій. Практичне використання концепції поетапного формування розумових дій у загальній і спеціальній освіті ставлять завдання підвищити якість дій та понять, які формуються в суб'єкта навчання, за скорочення строків навчання.

Розглядаючи навчальну (учбову) діяльність, що здійснюється у процесі вивчення фізики, доцільно подати її у вигляді деякої ідеальної моделі. Виділення такої моделі (рис. 1.3) може виступати як теоретичне (або змістове) узагальнення, що дозволяє звести різні форми і види діяльності до визначеного теоретичного конструкту, у якому відображені загальні для цього виду діяльності компоненти та їх зв'язки. У подальшому учитель фізики може користуватися такою моделлю для аналізу конкретної діяльності, розглядаючи її як частинний випадок.

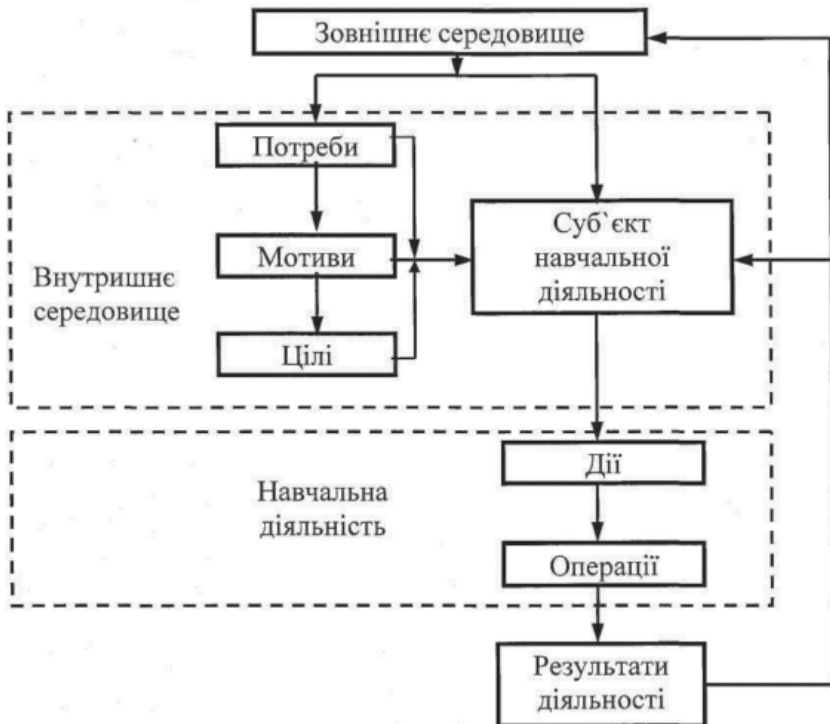


Рис. 1.3. Модель узагальненої структури навчальної діяльності

1.3. Експериментальний метод у курсі фізики загальноосвітнього навчального закладу

Відповідно поставлені досліди в штучних лабораторних умовах, поряд із спостереженнями за явищами і процесами, що відбуваються у природі, є формою емпіричного пізнання об'єктивної дійсності й одночасно виступають одним з основних методів наукового дослідження.

Як відомо, наукове спостереження полягає в цілеспрямованому і планомірному сприйнятті властивостей природи (предметів і явищ оточуючої дійсності) для одержання відповідної інформації про об'єкт пізнання за допомогою органів чуттів. У ході організації і реалізації наукового спостереження досить важливу роль відіграє теоретичне мислення. За цих обставин людина, яка досліджує об'єкт пізнання, не просто реєструє і фіксує нові факти. Людина свідомо відшуковує ці факти і, керуючись конкретною ідеєю та гіпотезою – своїми передбаченнями, констатує відповідні факти і накопичує їх, а згодом, узагальнюючи всю одержану інформацію, формулює відповідні висновки. Одержані результати наукових спостережень відповідно інтерпретуються на основі конкретної фізичної теорії.

У ході наукових спостережень дослідники широко використовують різноманітні спеціальні засоби (наприклад, мікроскопи, телескопи, фото- і телеапаратура, мікропроцесорна і комп'ютерна техніка і т. п.), які компенсують відповідну природну обмеженість органів чуттів людини, одночасно підвищуючи точність й об'єктивність результатів спостереження.

Наукові спостереження поділяють на *безпосередні* (прямі), що пов'язані з вивченням об'єкта дослідження (предмета, явища чи процесу) та *посередні*, під час яких спостереження ведуться власне не за самим об'єктом або процесом, а за ефектом (результатом) його взаємодії з іншими об'єктами або процесами. Саме такі посередні спостереження відіграють досить важливу роль в сучасній фізиці. Прикладом таких спостережень є спостереження заряджених елементарних частинок у камері Вільсона, або вивчення руху заряджених частинок у магнітному полі за допомогою товстошарових фотоемулсій, спостереження за їхніми треками, що є сукупністю краплинок рідини тощо.

Експеримент, як метод пізнання оточуючого світу, ґрунтується на тому, що досліджуване явище чи процес відтворюється в штучній (лабораторній) обстановці. За цих обставин передбачається можливість активного впливу на перебіг явищ і процесів та фіксування змін у ході явищ і супроводжується, зазвичай, досить точними вимірюваннями і відповідною математичною (статистичною) обробкою одержаних результатів. Тому експеримент як за структурою, так і за його виконанням суттєво відрізняється від спостереження, а основна відмінність зводиться до того, що для виконання експерименту вимагається або обов'язкова наявність спеціальних матеріальних і технічних засобів, що поєднується в експериментальні установки і прилади, впливу на досліджуванні об'єкта або процесу.

Виходячи з основних завдань, експериментальні дослідження поділяються на дві групи: до першої з груп наукових експериментів належать ті з них, завданням яких є емпірична перевірка відповідних ідей, гіпотез або теорій; до другої групи відносяться наукові експерименти, завданням яких є збирання необхідної інформації (накопичення її) для побудови й уточнення конкретних припущень і здогадок.

Відповідно до методів і результатів досліджень експерименти поділяють на *якісні*, що дають можливість встановити нові можливості чи фактори, які пов'язані з об'єктом дослідження, а також *кількісні*, котрі передбачають точне вимірювання всіх визначальних факторів для повного процесу з наступною математичною обробкою результатів вимірювань.

У процесі виконання конкретних експериментальних досліджень велике значення надається плануванню і структурі, а також побудові і виконанню експерименту. Для кожних конкретних ситуацій ці компоненти експериментальних досліджень проявляють свої специфічні риси й особливості залежно від завдань експерименту, характеру вимірюваних величин і т. п. На заключному узагальнюючому етапі велику роль відіграє інтеграція результатів експерименту, що для фізичної галузі науки найчастіше і найдоцільніше робити у вигляді графіків залежності між певними фізичними параметрами, що ілюструють конкретні закономірності, фізичні закони й елементи фізичних теорій.

Отже, для процесу пізнання навколишньої природи експеримент відіграє вирішальне значення, бо він слугує, по-перше, як первинне джерело пізнання природи і, по-друге, використовується як критерій істинності фізичних гіпотез і теорій. Разом з тим експеримент відіграє велику роль у процесі формування нових гіпотез і теоретичних уявлень. Відтак, узагальнення дають підставу зазначити, що без теорії і її спрямовуючих дій та ідей неможливим стає і сам науковий експеримент. Отже, теоретичні й емпіричні методи дослідження перебувають в тісному діалектичному взаємозв'язку та взаємодії. У процесі розвитку науки взагалі, і зокрема фізичної наукової галузі, а також із розвитком техніки сфера експериментальних досліджень постійно розширюється, охоплюючи при цьому дедалі складніші явища природи.

Сучасний рівень наукових досягнень і сучасний науково-технічний процес безперечно підтверджує такий факт, що фізичний експеримент як метод дослідження набуває подальшого свого розвитку з одночасним поширенням у суміжні з фізичною галуззю напрямки наукових досліджень, особливо в галузі хімії, астрономії, біології і т. д.

У навчальному процесі, подібно тому, як це має місце у процесі пізнання у фізичній галузі науки, навчальні спостереження й експеримент також посідають одне з перших і найважливіших аспектів передавання і молодому поколінню вже набутих людством знань про оточуючий світ. Отже, у навчально-виховному процесі з курсу «Фізика», який вивчається як систематична

навчальна дисципліна у повному обсязі з усіх розділів як на базовому рівні в основній школі (7–9 класи) так і у старших класах (10–11 класи) середньої загальноосвітньої школи, а також у вищих навчальних закладах за відповідним спеціальним чи технічним профілем як загальний курс фізики (до того ще й курс теоретичної фізики), методика навчання побудована на поєднанні емпіричного і теоретичного підходів.

У навчальному процесі емпіричне знання формується під час спостереження навколишнього середовища в ході порівняння окремих предметів і уявлень про них із наступним виділенням спільної для цих предметів властивості чи ознаки, засобом фіксації для якої є слова-терміни. Теоретичне знання виробляється внаслідок аналітико-синтетичної діяльності, спрямованої на побудову цілісної системи понятійного змісту, яка виникає в ході розумового перетворення предметів з їх внутрішніми зв'язками. Теоретичне знання виражається спочатку у способах розумової діяльності, а вже згодом – різними знаково-символічними системами²⁶.

Доречно наразі констатувати, що формування фізичних знань на теоретичному рівні зовсім не означає і навіть не ставить проблему виключення емпіричного рівня пізнання, оскільки емпіричність свідомості і мислення так само цінні для людини взагалі, а відтак і для майбутнього фахівця з будь-якого напрямку професійної діяльності, як і теоретична. Більше того зазначимо, що без емпіричного узагальнення предметів і чуттєвих образів не можливе теоретичне узагальнення, яке уводить учня (студента) в систему ідеальних об'єктів: моделей, ідей і принципів, абстрактних уявлень і понять тощо. На цьому етапі у пізнанні і у навчальному процесі важливого значення набуває вже не формально-логічне узагальнення властивості і якості предметів, унаслідок чого виникає чуттєво-наочне знання (факти, емпіричні поняття і закони), а змістовне, сутнісне узагальнення тієї основи, яка перетворює його в абстрактне теоретичне знання. Отже, побудова навчального процесу з фізики на діалектичному поєднанні розумово-емпіричної і розумово-теоретичної діяльності, кожна з яких функціонує і розвивається за властивими саме їй закономірностями, сприяє в цілому розвитку розумового мислення учня (студента) і формуванню у нього узагальненого знання, більш повного і всебічного уявлення про об'єкт вивчення – тобто веде до формування всебічних і міцних знань про природу.

Через, зазначену обставину у практиці організації навчального процесу з фізики уже в сучасній і середній школі однаковою мірою запроваджується використання як емпіричного, так і теоретичного рівнів пізнання, кожний з яких, зрозуміло, по-різному представлені у змісті базового й основного курсу фізики в середній школі, і безперечно, по-особливому представлений під час

²⁶ Давыдов В. В. Виды обобщения в обучении. //Логико-психологические проблемы построения учебных предметов. –М. : Педагогика, 1972. – 423 с.

профільного навчання в школах і класах різного типу і профілю, а також у процесі вивчення загального курсу фізики у вищому навчальному закладі, де готуються фахівці, що пов'язані з напрямком фізики чи спорідненим із цим напрямком.

Поєднання емпіричного і теоретичного рівнів у шкільному курсі фізики не лише сприяє глибокому вивченню основних фізичних понять і законів, а й суттєво впливає на формування у свідомості учнів природничонаукової картини світу, водночас сприяючи реалізації виховних і розвивальних цілей та практичній спрямованості навчання фізики.

Як це впливає з основних цілей сучасної концепції фізичної освіти, шкільний курс фізики і особливо поглиблений і профільний його курси за своїм змістом і матеріалом мають бути побудованими з урахуванням найбільш наближеного до оптимального поєднання емпіричного і теоретичного рівнів у формуванні фізичних знань. Наразі методика фізики не допускає ігнорування і применшення ролі експерименту в навчальному процесі з фізики, бо, *по-перше*, фізика, як галузь природознавства, є експериментальною наукою і відповідно шкільний її курс має базуватися з урахуванням експериментальної його основи; *по-друге*, у процесі навчання фізики навчальний фізичний експеримент, з одного боку, є джерелом знань і виступає висхідним моментом, початковим компонентом у навчально-пізнавальній діяльності учнів, а з іншого, – він слугує критерієм істини отриманих знань з фізики і, зазвичай, є досить вагомим і важливим фактором на завершальній стадії і пізнання, і навчання учнів з метою перевірки наслідків, що випливають з фізичних теорій. Крім того навчальний фізичний експеримент має досить важливе значення для практичної спрямованості процесу навчання, і дозволяє ефективно досягати навчально-практичних цілей. Не менш важливим для навчального процесу є *третій аспект* його прояву, що пов'язаний і обумовлений тими обставинами, котрі доводять потребу у широкому використанні навчального фізичного експерименту як засобу наочності навчального матеріалу і засобу, що сприяє підготовці учнів (студентів) до активної творчої діяльності, вимагаючи і навчально-пізнавальну діяльність.

Варто додати, що у навчальному процесі фізичний експеримент ефективно запроваджується для реалізації різних дидактичних цілей і під час вивчення нового матеріалу, у ході його повторення і закріплення, з метою формування і розвитку практичних умінь і навичок, а також для перевірки рівня і глибини опанування основ курсу фізики та з метою контролю системи набутих знань, умінь і навичок. Водночас він може ефективно використовуватись під час різних організаційних форм проведення занять з фізики (у вигляді демонстрацій і демонстраційних дослідів, як фронтальні спостереження, досліди та фронтальні лабораторні роботи, як фізичні практикуми чи самостійні дослідження і домашні експерименти, що виконуються групою учнів (студентів) або індивідуально тощо).

Аналіз емпіричного і теоретичного аспектів пізнання і розвитку їх взаємозв'язків у процесі становлення сучасної фізичної науки, а також дослідження співвідношення теорії й експерименту у процесі навчання фізики середніх ЗНЗ і ВНЗ дозволяє визначити сутність навчального фізичного експерименту, яка зводиться до доцільності розуміння його як необхідної цілісної системи, яка певною мірою впливає на послідовність введення фізичних понять, постулатів, законів і наслідків із фізичних теорій, оскільки у навчальному процесі він забезпечує не лише наочність і зв'язок теорії з практикою, а є одним із провідних елементів і важливим чинником у педагогічному процесі і має розглядатися як ефективна діюча складова, від взаємозв'язків якої з іншими елементами залежить хід і кінцевий результат процесу навчання, виховання і розвитку учнів.

Отже, маючи на меті розкрити сучасне усвідомлення поняття шкільного фізичного експерименту з урахуванням системно-структурного і діяльнісного підходів слід погодитися з тим його означенням, котре характеризується як багатофункціональна ефективно діюча педагогічна система, яка включає в себе: 1 – діяльність учителя, спрямовану на передавання учням засобами експериментування системи знань, умінь і навичок, на підготовку і проведення навчальних дослідів і спостережень, а також на організацію пошуково-пізнавальної діяльності школярів і навчально-виховного процесу взагалі; 2 – діяльність учнів, пов'язану з опануванням системи знань, умінь і навичок та з розвитком мислення, уявлень про навколишній світ і місця в ньому людини, з розвитком творчих здібностей та набуттям досвіду самостійної пошукової діяльності; 3 – об'єкт дослідження, що тісно пов'язаний зі змістом ШКФ, з методами і прийомами дослідження природних явищ і процесів та висновків із фізичних теорій; 4 – методику і техніку, що об'єднують матеріально-технічне, психолого-педагогічне забезпечення навчального експерименту та комплексу вимог до нього²⁷.

Згідно точки зору Б. М. Кедрова²⁸, докорінно змінюється співвідношення між предметом, який вивчається, і методом його дослідження: якщо раніше певний предмет вивчався одним методом, то на сучасному рівні розвитку наукових методів один і той же предмет може одразу вивчатися декількома методами з різних точок зору, або ж один і той же метод запроваджуватися для дослідження різних явищ і процесів. Ця обставина дає можливість стверджувати, що у шкільному курсі фізики доцільно знайомити учнів з основними загальнонауковими експериментальними методами дослідження. Це дозволяє озброювати школярів сучасними методами пізнання і сприяти розвитку

²⁷ Гуржій А. М., Величко С. П., Жук Ю. О. *Фізичний експеримент у загальноосвітньому навчальному закладі (Організація та основи методики)* : навчальний посібник. – К.: ІЗМН, 1999. – 303 с.

²⁸ Кедров Б. М. *К истории взаимодействия естественнонаучных методов при изучении жизни. Взаимодействие методов естественных наук в познании жизни.* – М.: Наука, 1976.

мислення й активізувати їх навчально-пошукову діяльність у навчальному процесі, коли він організовується на діяльнісній основі.

Викладання шкільного курсу фізики тісно пов'язане з повідомленням учням результатів емпіричної стадії пізнання. Засвоєння цієї інформації вимагає лише тієї мислительної діяльності, яка, в основному, полягає в абстрагуванні, у відділенні одне від одного випадкового і суттєвого, особливого від загального. Під час такої послідовності розглядання навчального матеріалу не виникає проблем у визначенні внутрішніх зв'язків між змістом кола питань, що складають теоретичну основу певного експериментального методу, та відповідними йому формами мислительної діяльності. Таке мислення є абстрактним, але надає йому формальну загальність, що створює лише видимість теоретичного характеру цього мислення.

У своїй фундаментальній роботі «Виды обобщения в обучении» відомий психолог В. В. Давидов²⁹ вказує, що процес присвоєння наукового знання школярами не аналогічний пізнавально-дослідницькій діяльності вчених, а зміст навчальних предметів взагалі не тотожний сукупності досягнень відповідної галузі науки. Однак, він відзначає чинники, котрі підтверджують аналогічність розумової діяльності вченого і школяра: дослідження вченого йде від чуттєво-конкретного різноманіття окремих видів руху до виявлення їх загальної, внутрішньої основи, а виклад навчального матеріалу, маючи той самий об'єктивний зміст, починається з історично і логічно вже відшуканої і встановленої висхідної загальної форми мисленого відтворення конкретності, з логічного виведення її конкретних проявів. Тому В. В. Давидов зазначає, що зміст і способи побудови навчального матеріалу мають бути подібними до послідовності викладу результатів дослідження. Цим самим треба показати учням реальне просування у пізнанні, бо лише у цьому випадку школярам вдається простежити розвиток навчального матеріалу, його окремі особливості і лише таке викладання формує в учнів змістовну абстракцію, узагальнення, поняття.

Під час ознайомлення учнів з експериментальними методами необхідно враховувати ту обставину, що просте перенесення до шкільного курсу фізики теоретичних принципів, що лежать в основі того чи іншого методу, використання ідентичного обладнання й установок, що використовувалися в науковому пізнанні, неможливе, бо експериментальний науковий метод на основі виконаної низки дослідів дозволяє співставити чи перевірити висунуті теоретичні гіпотези. Під час вивчення відповідного експериментального методу в шкільних умовах, крім того, він слугує ще й для одержання якісних і кількісних результатів, використовується з метою виявлення причинно-наслідкових зв'язків і залежностей між явищами та їх закономірностями, для забезпечення різноваріантного за глибиною і змістом вивчення і повторення

²⁹ Давыдов В. В. *Виды обобщения в обучении. //Логико-психологические проблемы построения учебных предметов.* – М. : Педагогика, 1972. – 423 с.

навчального матеріалу, а також для формування в учнів світогляду й уявлень про природничо-наукову картину світу, для розвитку технічного мислення і творчих здібностей учнів.

Вивчення експериментальних методів у шкільному курсі фізики має відповідати таким основним педагогічним вимогам.

1. Перш за все, має бути забезпечена можливість учням опановувати певну суму теоретичних знань, навчальний матеріал має бути підібраним відповідно до сучасних наукових уявлень і поряд з цим повинен забезпечити свідоме розуміння учнями сутності експериментального методу, який вивчається.

2. Необхідно забезпечити ознайомлення учнів з експериментальними установками і приладами, властивими саме для даного наукового методу дослідження. Запроваджуване наразі навчальне обладнання, виходячи з дидактичних основ навчання в школі, повинно правильно відображати основні риси і принципи, закладені в наукових установках і приладах. Це обладнання має бути простим, наочним, посилюючим для розуміння учнями його будови і принципу роботи.

3. Вивчення експериментальних методів у шкільному курсі фізики має розкривати якомога ширшу сферу проявлення та практичного використання конкретного методу в різних галузях суспільного життя і вказувати межі його застосування.

Сформульовані положення відповідають дидактичним принципам навчання. Під час такого ознайомлення з експериментальними методами учні на конкретних приладах встановлюють взаємозв'язок теорії й експерименту, набувають навичок наукового експериментування, на прикладах із шкільного курсу бачать експериментальну сутність фізики, переконуються в ролі і значенні експерименту в пізнанні природних явищ, що в цілому формує і розвиває інтерес до знань і потребу в них. Саме такий підхід, на думку В. Г. Разумовського³⁰, переслідує мету озброїти учнів розумінням зв'язку теорії і фізичного експерименту, знанням основних методів фізичного дослідження, знанням етапів та їх послідовності у творчому процесі отримання нових знань.

Під час розробки методики вивчення експериментальних методів дослідження у шкільному курсі фізики слід приділяти увагу різноманітним прикладам (а не одному—двом з них) використання конкретного методу в усіх сферах теоретичної і практичної діяльності людини, вказуючи галузі та межі його використання. Такий всебічний підхід до розкриття експериментальних методів дозволить учням ознайомитися з багатогранними запровадженнями експериментальних методів у пізнанні, глибше усвідомити сутність експериментального методу і, відповідно, забезпечить значно повніше засвоєння навчального матеріалу.

³⁰ Разумовский В. Г. Развитие творческих способностей учащихся в процессе обучения физике : пособие для учителей. – М. : Просвещение, 1975. – 272 с.

У навчальному процесі, подібно як і у процесі наукового пізнання, важливість експериментального методу загальноновизнана і незаперечна, оскільки правильно поставлений експеримент є джерелом знань незалежно від того, до якої групи у даному випадку він відноситься. Тому важливо знайомити учнів з усіма доступними у шкільних умовах методами експериментальних досліджень. Зрозуміло, подальша конкретизація і поглиблення знань учнів можлива у ході вивчення курсу фізики основної школи й особливо під час його вивчення у спеціалізованих школах (класах) чи у закладах фізико-математичного профілю.

Сучасна фізична освіта в середній школі дозволяє у достатньому обсязі знайомити учнів з основними експериментальними методами. Однак, цю проблему зараз ще не можна вважати повністю вирішеною. Вагомою причиною такого стану є: а) недостатня розробка системи сучасного шкільного фізичного експерименту; б) фізичний навчальний експеримент не завжди і не повною мірою може розкрити сутність кожного з основних експериментальних методів і не дозволяє під час вивчення різних тем у шкільному курсі фізики поступово вводити основні поняття і принципи кожного методу; в) шкільний кабінет фізики немає у своєму розпорядженні такого навчального обладнання, яке дозволило б ознайомити учнів з приладами й установками, які використовуються в експериментальних методах сучасних наукових досліджень, а також проілюструвати метод, який вивчається, у всьому багатогранному його запровадженні в різних галузях наукової і практичної діяльності людини.

Окрім розглянутих аспектів, пов'язаних з роллю і значущістю шкільного фізичного експерименту для процесу навчання фізики в школі, досить вагомим для сучасного стану вдосконалення навчально-виховного процесу і досить актуальним є реалізація принципу наочності завдяки запровадженню комп'ютерної техніки, що дає можливість суттєво активізувати пізнавальну діяльність учнів (студентів). Наразі комп'ютерна техніка може бути використана як засіб моделювання складних фізичних експериментів або в ролі експериментальної установки для дослідження певних фізичних явищ і процесів у вигляді імітаційних комп'ютерних моделей, коли комп'ютер не лише імітує досліджуване явище, а й виконує роль інструмента для вивчення цього явища.

Отже, як сучасна тенденція розвитку навчального експерименту, комп'ютеризація дозволяє розширити інформативні можливості системи шкільного фізичного експерименту у відтворенні через відповідні моделі природних явищ і процесів, які у звичайних умовах неможливо виконати. Крім того комп'ютер дозволяє індивідуалізувати навчальний процес, що є особливо важливим у тому випадку, коли учні (студенти) самі виконують досліди і самостійно починають експериментувати, і під час виконання учнями і студентами самостійних індивідуальних дослідницьких завдань та індивідуальних систематичних досліджень, що набувають і проявляють системний характер у здійсненні пізнання оточуючого світу.

За цих обставин треба погодитися, що комп'ютерна техніка і засоби ІКТ взагалі аж ніяк не може замінити роботу з реальними об'єктами, фізичними приладами та матеріальними моделями. Мета комп'ютерного моделювання полягає в тому, щоб доповнити ту інформацію, яку учні чи студенти отримують з підручників, під час занять, у ході виконання спостережень і дослідів або для формування з першу ближчих – а згодом більш віддалених взаємозв'язків і взаємозалежностей чи для розкриття на основі прийнятих моделей механізму і сутності перебігу процесів і явищ.

1.4. Комп'ютерно орієнтовані засоби навчальної діяльності: основні системні характеристики

Педагогічний програмний засіб (ППЗ), тобто засіб, створений для безпосереднього використання у навчальному процесі, в епоху розвитку ринкової економіки можна розглядати як товарний продукт, який повинен користуватися попитом серед споживачів. Як показують спостереження, до споживачів названого продукту, у першу чергу, слід віднести викладачів вищих навчальних закладів і учителів середніх шкіл. Це, певною мірою, можна вважати доказом доцільності використання ППЗ у межах комп'ютерно орієнтованого навчального процесу.

З іншого боку, аналіз тенденцій розвитку ринку ППЗ, з точки зору реального впровадження в освітню практику, показує, що цей процес проходить досить повільно. Обмеженість попиту на ППЗ на відкритому ринку не забезпечує окупність продукту, підвищує відносну вартість розробки ППЗ, що гальмує розвиток ринку цих засобів, а як наслідок – їх впровадження в освітню практику. На наш погляд, такий стан справ має як об'єктивні, так й суб'єктивні причини. Розглянемо детальніше деякі з них.

1. У процесі створення конкретного ППЗ, тобто в процесі визначення його структури, змісту, форм і способів представлення в ньому навчальної інформації, забезпечення рівня можливості інтерактивної взаємодії в системі учень – комп'ютер та багато іншого, що характерно для зазначених засобів, автори-розробники виходять з власного розуміння цілей і методів навчання, свого власного педагогічного, проектного та виробничого досвіду, тих теоретичних положень і концепцій, які розуміють і поділяють, з власних естетичних уподобань. Хоча все вищеперелічене, є, врешті-решт, певним узагальненням суспільної практики, досвіду, тією чи іншою мірою відображає риси домінуючої сьогодні освітньої парадигми, але, як показують наші спостереження, досить часто є обмеженим тією конкретно предметною галуззю, представниками якої є автори конкретного засобу.

2. Кожен ППЗ, як і традиційний засіб, наприклад друкований підручник, посібник тощо, є результатом творчості авторів, унаслідок чого має власні неповторні якості, власну структуру, оформлення, естетику, функціональні

можливості, зміст, способи і форми подання навчальної інформації тощо. Результатом різноманітності підходів, строкатості спектра авторських задумів і методів їх реалізації є диференціація підходів до способів використання комп'ютерно-орієнтованих засобів навчальної діяльності в навчально-виховному процесі.

3. Якщо розглядати ППЗ як засіб, що пропонує користувачеві певний набір послуг, використання яких розширює спектр навчальної діяльності, збагачує навчально-виховний процес, змінює структуру навчального середовища, тоді етап оволодіння сервісними можливостями засобу набуває першочергового значення. Аналіз ринку ППЗ показує, що їх різноманітність навіть на рівні організації інтерфейсу, тобто розташування інформації на екрані, його кольорового насичення, змістового наповнення, організації управління екранною подією, відео- й аудіосупроводженням навчального матеріалу викликає необхідність витратити значний відтинок навчального часу на опанування користувачами способів управління засобом. З педагогічної точки зору, у цьому випадку саме навчальна інформація відходить на другий план, стає фоновою, а навчальним завданням стає опанування засобу, набуття навичок безпомилкового використання засобу. Безумовно, це сприяє підвищенню «комп'ютерної грамотності» підростаючого покоління, але освіта не обмежується тільки такою грамотністю.

4. З точки зору учителя (викладача), відсутність системного підходу до забезпечення навчального процесу конкретними ППЗ ускладнює визначення «точок входження» цих засобів у навчальний процес, адаптування авторських поглядів розробників до тих поглядів на структуру, мету, організацію навчально-виховного процесу, тих методик використання різного типу засобів навчання, які властиві конкретному вчителю. Наприклад, характерним для більшості класифікацій ППЗ є експертний підхід до визначення системоутворюючих факторів, за якими автори типізують ці засоби. Для вчителя, який формує систему засобів, зокрема ППЗ, для їх використання у власній професійній діяльності, повинна існувати проблемно-орієнтована класифікація, що враховує такі експериментально визначені характеристики:

- рівень спрямованості на досягнення педагогічної мети (у різних педагогічних ситуаціях);
- характеристику важкості оволодіння сервісними можливостями;
- час, який потрібен різним категоріям користувачів на опанування засобу;
- комплекс методик, які дозволяють педагогічно-раціонально використовувати даний конкретний засіб тощо.

Отже, уже на етапі відбору вчителем окремого ППЗ (або комплексу ППЗ) попит на названі засоби гальмується як з об'єктивних, так й суб'єктивних причин. Це пояснює той факт, що насиченість ринку подібними засобами майже не впливає на їх поширення в навчальних закладах, використання в

реальному навчальному процесі. Неадекватність зусиль авторів-розробників і коштів, які витрачені на створення ППЗ, до рівня їх впровадження в навчально-виховний процес, а внаслідок цього – й їх впливу на результати навчальної діяльності кінцевого користувача (того, хто навчається), викликають потребу пошуку інших підходів до процесу створення комп'ютерно-орієнтованих засобів навчальної діяльності.

5. Процес створення ППЗ за характером роботи можна віднести до проектно-виробничої діяльності, результатом якої є кінцевий товарний продукт, який може бути використаний у реальному навчальному процесі. Аналіз різних підходів до даного типу діяльності, аналіз досвіду використання різноманітних ППЗ у навчальному процесі в закладах освіти України, у близькому і далекому зарубіжжі показує, що доцільним є розробка таких узагальнюючих рекомендацій, які мають допомогти авторам в організації процесу створення зазначених засобів, тобто такої організації проблемно-орієнтованої проектно-виробничої діяльності, яка має забезпечити той рівень якості кінцевого продукту, що відповідає потребам користувача.

Зрозуміло, що методики, про які йде мова, повинні відповідати сучасним технічним, ергономічним та педагогічним вимогам, враховувати вітчизняний і зарубіжний досвід у галузі використання ППЗ, базуватися на нових методах, способах та формах представлення знань, які характерні для інформатизованого суспільства, враховувати перспективи подальшого розвитку електронних засобів, зокрема призначених для використання у навчально-виховному процесі.

6. Створення названих методик потребують спеціальних досліджень, метою яких має бути розв'язання низки організаційних, наукових, технологічних, педагогічних та інших проблем, що пов'язані зі створенням комп'ютерно орієнтованих засобів навчальної діяльності, зокрема ППЗ. У ході названих досліджень необхідно здійснити аналіз сучасного стану, перспектив і тенденцій розвитку і запровадження у навчальний процес зазначених засобів в Україні, описати їх елементи, формати даних, структуру, оформлення тощо.

У процесі дослідження мають бути також проаналізовані й систематизовані різні етапи планування, способи, засоби, апаратне і програмне забезпечення, які необхідні для реалізації проектних рішень. Дослідженню підлягають методологічні і психолого-педагогічні проблеми щодо розробки проблемно-орієнтованих ППЗ, загальні методи і часткові методики їх використання у навчально-виховному процесі. На основі цих досліджень мають бути розроблені методичні вказівки щодо різних форм представлення навчального матеріалу засобами інформаційно комунікаційних технологій, формування системи оцінювання рівня навчальних досягнень, способів і форм контрольного опитування, тренінгів, тестування тощо (рис. 1.4), які можуть бути елементами (складовими) ППЗ.



Рис. 1.4. Структурно-функціональна схема оцінювання результатів навчального процесу

З точки зору організації процесу розробки комп'ютерно орієнтованих засобів навчальної діяльності, необхідно дослідити й унормувати етапи виконання робіт, пов'язаних з життєвим циклом програмного забезпечення як складової зазначених засобів, послідовність цих етапів, результати, що повинні бути отримані на кожному етапі, тобто унормування інженерно-технологічної складової процесу створення ППЗ. Результати цього фрагмента дослідження дозволять оптимізувати проектно-виробничий процес, що має вплинути на трудові та фінансові витрати на створення комп'ютерно орієнтованих засобів навчальної діяльності.

7. Реалізація складних і широкомасштабних проектів щодо створення ППЗ вимагає розробки спеціальних програмних засобів автоматизації технологічного процесу. Як відомо, застосування спеціальних програмних засобів дозволяє мінімізувати можливі помилки, прискорити виготовлення і підвищити економічну ефективність створення комп'ютерно орієнтованих засобів навчальної діяльності, а також знизити рівень професійних вимог до складу розробників. Хоча етап виготовлення електронної версії ППЗ є лише однією з технологічних операцій в багатоступінчастій технології створення кінцевого продукту, ймовірність виникнення помилок на цьому етапі набагато вища, ніж на інших. Саме ці помилки, як правило, мають критичний

характер, оскільки впливають не тільки на зміст ППЗ, але і на його працездатність. Системний підхід до процесу створення комп'ютерно орієнтованих засобів навчальної діяльності передбачає реалізацію великої кількості проєктів, що викликає необхідність створення спеціальних програмних засобів автоматизації процесу. Розробка й упровадження подібних програмних продуктів стає економічно ефективною.

Для моделювання різноманітних, у тому числі фізичних, процесів і явищ на світовому ринку у відкритому доступі існує багатий вибір програмних засобів. Наведемо деякі з них:

TAB MathGrapher V1.2 – програма, основною функцією якої є побудова графіків математичних функцій. Основні можливості й особливості: інтерфейс у стилі *Office XP*; збереження графіків у файлі; розміщення до ста графіків в одному вікні; масштабування графіків (у тому числі мишею); індивідуальні колір, якість, товщина лінії (під час побудови лініями) для кожного графіка; показ поточних координат у зручній спливаючій підказці; знаходження похідних більшості функцій; копіювання графіків у буфер обміну; збереження графіків в форматі *.bmp*; розв'язання квадратних рівнянь (у тому числі знаходження комплексних рішень); знаходження рівняння прямої за двома крапками; знаходження значення функції при заданому значенні аргументу; обчислення певного інтеграла; знаходження кута між площинами; відновлення програми через домашню сторінку.

Microsoft Student Graphing Calculator 2006 Final – калькулятор для студентів з можливістю побудови графіків і рішення рівнянь.

Derive v6.10 Texas Instruments – потужна програма для математичних обчислень в галузі арифметики, алгебри, тригонометрії в числовій і символьній формі зі змінними, виразами, рівняннями, функціями, векторами, матрицями, логікою, включає калькулятор для наукових розрахунків.

Wolfram Research Calculation Center v3.0.0 – новий пакет від розроблювачів Mathematica. Розв'язування рівнянь, побудова графіків функцій, калькулятори, статистика та аналіз даних.

MAPLESOFT Maple v10.0 – це потужна обчислювальна система, яка призначена для виконання складних обчислень як аналітичними, так і чисельними методами. *Maple 10* містить перевірені, надійні й ефективні символьні й числові алгоритми для розв'язання величезного спектра математичних завдань, включаючи широко відомі бібліотечні чисельні алгоритми компанії *NAG (Numeric Algorithm Group)*.

Mathcad Enterprise Edition v13 – значно підвищує продуктивність розробки нової продукції й інженерних досліджень. Нова версія пакета розширює перелік доступних математичних функцій і робить більш зручним доступ до робіт, обмін результатами роботи й полегшує публікацію й подання результатів досліджень.

Mathworks Matlab R2006a – повна новітня версія потужного пакета для обчислень, аналізу, візуалізації й обробки даних, розробки алгоритмів на C, C++, і Fortran. Включає *MatLab 7*, *Simulink 6* і 68 модулів.

Mathematica v5.2.0 – є однією з універсальних математичних систем, що дає можливість розв’язувати велику кількість досить складних завдань, не вдаючись у складності програмування. У низці собі подібних *Mathematica* є однією із самих потужних і детально розроблених. З її допомогою легко здійснюються числові й символічні обчислення.

Science MathType v5.2c – програма для набору текстів, презентацій і Web-сторінок, що містять математичні формули.

OriginPro v7.5 (c) OriginLab – потужний пакет для побудови графіків математичних функцій, аналізу й візуалізації даних.

Wolfram Research Publicon vl.0.1 – пакет для підготовки й редагування технічних статей з математики, фізики, хімії, біології й ін. предметів. Сполучимо з форматами *XML*, *HTML*, *LaTeX*.

MiniGraphSL v2.3 – здійснює побудову графіків і таблиць значень функцій виду $Y1=f(x)$ і $Y2=f(x)$, заданої в прямокутній системі координат. Де x – алгебраїчний вираз довільної складності. Дає можливість візуально порівнювати процеси, здійснює графічний розв’язок систем алгебраїчних рівнянь. Відображає таблицю значень аргументу й функції. Зберігає графік (формат. bmp) і таблицю (формат.rtf.xls) у файлах. Змінюючи інтервал і крок зміни аргумента, можна аналізувати окремі ділянки графіка. Переміщаючи покажчик таблиці значень, можна бачити переміщення маркера на графіку відповідно до значень таблиці. Не вимагає установки.

SchoolBoy v5.0.3.0 – програма для розв’язування рівнянь і побудови графіків довільних математичних функцій. Дозволяє із заданою похибкою знайти корінь практично будь-якого рівняння в межах своєї функціональності (тобто оперуючи доступними користувачеві функціями). Інакше кажучи, якщо корінь існує, і лежить в області припустимих значень (настроюється), програма його знайде. Також працює і як звичайний рядковий калькулятор з підтримкою великої кількості функцій. Починаючи з версії 4.2.0.0, дає можливість використання до 1024 змінних. Працює відносно швидко. Має зручний і зрозумілий інтерфейс, підтримує теми *Windows XP*.

Поряд з тим, з точки зору дидактичної ефективності, наприклад, у Німеччині із 4000 програмних засобів тільки 80 (тобто 2 %) відповідають мінімальним критеріям якості. За даними американських фахівців, кількість неефективних навчальних програм перевищує 80 % усіх програм, які використовуються в освіті. За іншими даними³¹, як свідчать закордонні дослідження, 90 % програм, які розробляються для освіти, непридатні для використання.

³¹ Кречетников К. Г. Проектирование средств информационных технологий обучения / Educational Technology & Society 5(1). – 2002.

Можна зробити висновок, що процес подальшого впровадження засобів ІКТ у навчально-виховний процес навчальних закладів України потребує створення системи розробки ППЗ, у межах якої необхідно здійснити комплексні дослідження інженерно-технологічного, психолого-педагогічного та методичного спрямування, результатом яких мають стати рекомендації щодо організації науково-виробничого процесу створення засобів ІКТ навчального призначення.

1.5. Фізична задача як навчальне дослідження і головні етапи процесу її розв'язування

У нашій роботі ми розглядаємо «екранні» технології як такі, що, по-перше, дозволяють реалізувати різні типи навчальної дослідницької діяльності, по-друге, ми розглядаємо навчальний експеримент і навчальний проект з фізики як окремі форми навчальних задач, розв'язування яких потребує дослідницької діяльності.

Розгляд задачі як невід'ємного елементу навчального процесу з фізики закономірно приваблює увагу дослідників. Саме розуміння сутності поняття «задача» визначає місце задачі у навчальному процесі, її можливостей у реалізації запланованих цілей навчання. Поняття «задача» настільки широко використовується у різних галузях людської діяльності, значення цього поняття настільки різнопланове і багатогранне, що більшість дослідників схиляється до неможливості дати йому однозначне визначення (Л. Л. Гурова, Є. В. Коршак, С. У. Гончаренко). Інші дослідники, розмірковуючи стосовно задач, оминають питання безпосереднього означення цього поняття і всю свою увагу надають безпосередньо процесу розв'язання задачі (Дж. Брунер, Т. В. Кудрявцев).

У низці робіт автори замість чіткого визначення поняття «задача» звертаються до остенсивного визначення, тобто просто розглядають типи задач (часто не означуючи не лише рід поняття, а навіть не вказуючи його видових відмінностей). Іще одним з характерних прикладів виступають так звані генетичні означення, наприклад: «Одиницею навчальної діяльності виступає навчальна задача, що розв'язується школярами шляхом виконання певних дій:

- перетворення умови задачі з метою виявлення загального відношення об'єкта вивчення;
- моделювання окремого відношення для вивчення його властивостей у «чистому вигляді»;
- побудова системи часткових задач, що розв'язуються загальним способом;
- контроль за виконанням проведених дій;
- оцінка засвоєння загальної властивості як результату розв'язання навчальної задачі»³².

³² Компьютерная технология обучения /Словарь-справочник / под ред. В. И. Гриценко, А. М. Довгяло, А. Я. Савельева.м. – К. :Наукова думка, 1992. – 649 с.

Це одне з найбільш, на наш погляд, повних означень поняття «навчальна задача», однак, з подібних означень не зрозуміло, що ж виступає референтом поняття «задача».

Розглядаючи навчальну діяльність, де передбачається використання задач, необхідно виходити з деякого більш або менш чіткого означення самого поняття «задача», тобто необхідно уточнення наукового терміну, який є «словом з одним певним значенням, так як він призначений для вираження одного певного поняття»³³. У результаті цього у літературі, присвяченій цьому питанню, є велика кількість найрізноманітніших означень цього поняття. Розглянемо деякі з них.

«Задача – це більш або менш визначена система інформаційних процесів, невизначеність або навіть суперечливість між якими викликає необхідність у перетворенні їх»³⁴.

У цьому означенні невідоме поняття вводиться через невідоме або не повністю визначене поняття. Так, з точки зору теорії інформації, про систему, яка характеризується інформаційними процесами, можна говорити лише з точки зору стану цієї системи. Чим визначається стан «невизначеність» або «суперечливість», за яким критерієм визначається «необхідність у перетворенні»? У подібних означеннях міститься більше питань, ніж відповідей.

«Задача – це те, що потребує виконання, розв'язування»³⁵. Тут ми спостерігаємо так звану помилку надто широкого означення: не лише задача може викликати виконання, але й вказівка, припис. Крім того, вказівка (або припис) може реалізовуватися в «автоматичному» виконанні. Розв'язування задачі – це самостійне формулювання (генерування) суб'єктом низки вказівок (приписів), на підставі якої здійснюється діяльність. Для людини розв'язування задачі – це виконання певної низки дій через усвідомлення цієї діяльності і, у першу чергу, усвідомлення мети цієї діяльності. Термін «розв'язання» є дуалістичним, оскільки означає як сам процес розв'язання (а саме, розв'язування), так і результат цього процесу (матеріалізований частіше за все у вигляді відповіді).

Термін «задача» у вузькому розумінні використовується у двох значеннях: перше – це будь-яке завдання, виконання якого потребує реалізації деякого пізнавального акту; друге – не будь-яке завдання, а саме «задача», котру часто означають через поняття «пізнавальна задача» і розв'язання якої веде до формування в учнів нових знань, умінь і навичок»³⁶. У цьому означенні, по-перше, присутнє деяке зміщення понять: у першому означенні йдеться про

³³ *Логика / под ред. Г. А. Левина. – Минск. : БГУ, 1974. – 335 с.*

³⁴ *Эсаулов А. Ф. Проблемы решения задач в науке и технике. – Л. : ЛГК, 1979. – 200 с.*

³⁵ *Коршиак Е. В., Гончаренко С. У., Кормак Н. М. Методика розв'язування задач з фізики : практикум. – К. : Вища школа, 1976. – 240 с.*

³⁶ *Коршиак Е. В., Гончаренко С. У., Кормак Н. М. Методика розв'язування задач з фізики : практикум. – К. : Вища школа, 1976. – 240 с.*

«пізнавальний акт», який частково присутній у самій назві другого означення; по-друге, друге означення («пізнавальна задача») є, за своєю суттю, десигнатом імені «задача» (денотат), тобто включається як предмет із сукупності згідно першого означення.

Означуючи задачу як «модель проблемної ситуації, виражену за допомогою знаків деякої словесної або штучної мови»³⁷, автор використовує так зване неявне означення, тобто розраховує на те, що зміст поняття читач з'ясує для себе із співвідношення означуваного поняття до інших понять у даному контексті означення. Однак, поняття «модель» і «проблемна ситуація» самі потребують означення і їх співвідношення не повністю ясно з даного контексту.

«Задача у найбільш широкому розумінні – це ситуація, яка викликає дію деякої вирішуючої системи»³⁸. Під терміном «ситуація» тут, очевидно, розуміють такий стан згаданої «розв'язуючої системи», який примушує її активно реагувати на цей стан. Це завдання має бути віднесене до деяких технічних систем, так як для людини «ситуація» може викликати активність лише у випадку її психологічного доозначення (вмотивованість)³⁹.

Із наведених і багатьох інших означень зрозуміло, що поняття «задача» – поняття поліморфне, розуміння якого залежить від контексту застосування поняття, мети його використання, може розглядатися як об'єкт дослідження (психологія, теорія управління тощо) і як предмет використання (предметна галузь). Якщо розглядати деяку «теорію задач» (як метатеорію), то у межах цієї теорії поняття «задача» постане як засадниче, первинне, тобто таке поняття, що не може бути означуване у загальному вигляді методами самої цієї теорії.

Усе вищезгадане дає нам підстави ввести означення поняття «задача» на рівні категорії, тобто використовуючи більш широке за обсягом визначення: задача – це форма вказівки, що ініціює діяльність, де діяльність – це форма виконання вказівки. Саме форма як спосіб існування і вираження змісту покладена в основу всіх відомих класифікацій задач.

З цього випливає, що навчальна дослідницька задача – це така форма вказівки, яка ініціює дослідницьку діяльність учня. Наразі вказівка може бути сформована як ззовні (наприклад, учителем, умовою тощо), так і самим учнем.

Класифікація задач, що пропонуються учням у курсі фізики середньої школи, може бути здійснена на підставі різноманітних міркувань. За умови використання педагогічних програмних засобів математичної підтримки

³⁷ Фридман Л. М., Турецкий Е. Н. Как научиться решать задачи. – М.: Просвещение, 1984. – 174 с.

³⁸ Глинский Б. А., Грязнов Б. С., Дынин Б. С., Никитин Е. П. Моделирование как метод научного исследования. – М.: МГУ, 1965. – 248 с.

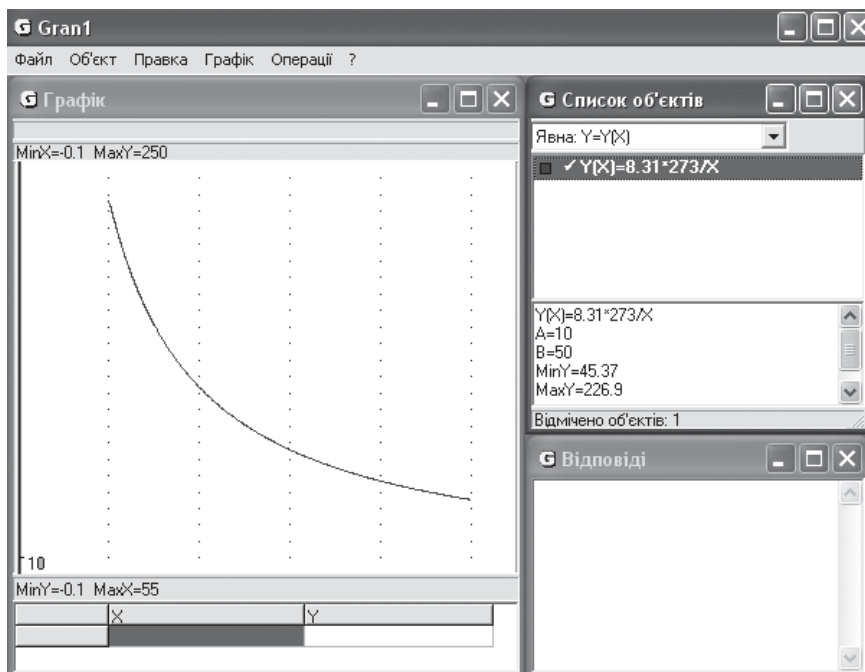
³⁹ Машибиц Е. И. Методические рекомендации по проектированию обучающих программ. – К.: 1986. – 109 с.

(ППЗ МП) адекватними, на наш погляд, можуть бути класифікації, в основу яких покладено принцип повноти фізичної моделі або форма математичної залежності, що описує фізичний процес/явище. Це диктується саме подальшою можливістю використання засобів математичної підтримки (у тому числі й обробки) математичної моделі розв'язання задачі. Наведені класифікації, очевидно, відносні, так як, по-перше, у кожному конкретному випадку функціональна залежність визначається (призначається) конкретною проблемною ситуацією, яка ініціюється умовою задачі. Наприклад, під час використання рівняння Менделєєва-Клапейрона від призначення залежної змінної й аргументу це рівняння може бути віднесено і до прямо пропорційної, і до обернено пропорційної залежностей:

$$pV = \frac{m}{\mu} RT$$

$$p = \frac{m RT}{\mu V} \quad P = f(V) \quad \quad \quad p = \frac{m RT}{\mu V} \quad P = f(T)$$

На рис. 1.5 показано графічні зображення відповідних функціональних залежностей, побудованих у середовищі ППЗ *Gran1*.



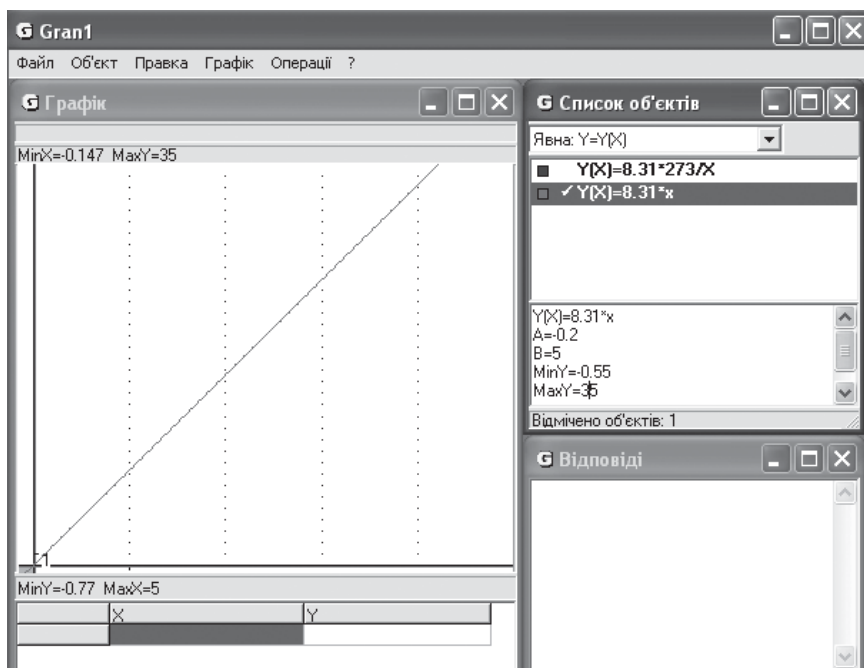


Рис. 1.5. Графічне відображення математичної моделі газових процесів у різних координатах

У даному випадку вибір функціональної залежності (контекст педагогічної ситуації) визначається вивченням ізохорного або ізотермічного процесів.

По-друге, присвоєння числових значень параметрів математичної моделі також залежить від умови задачі або поставленої проблеми (у тому числі і від повноти даних, наведених в умові або залучених виконавцем до розв'язування задачі).

Однією з причин того, що класифікація задач відносна і рухома, є еволюція використовуваних у навчальному процесі задач. Ця еволюція задачі є цілісним процесом, у якому важко виділити окремі, еволюціонуючі за своїми законами, об'єкти. У цілому, еволюція задач у шкільному курсі фізики розвивається у напрямках, які диктуються такими обставинами.

1. Запровадженням у курс фізики нових підрозділів, що репрезентують так звану «новітню фізику».

2. Запровадженням у курс фізики елементів математичного аналізу (основ диференціального й інтегрального числення, теорії імовірностей тощо).

3. Використанням у курсі фізики засобів обчислювальної техніки (ОТ):

- для прискорення числових підрахунків;
- для прискорення обробки результатів експерименту;

- для реалізації навичок програмування.
- 4. Використання у курсі фізики засобів ІКТ:
 - для візуалізації результатів експерименту;
 - для візуалізації функціональних залежностей, відповідних до побудованої математичної моделі розв'язання задачі;
 - для оперування графічними уявленнями;
 - для залучення математичних можливостей засобів ІКТ у режимі користувача;

- для використання засобів ІКТ як баз даних (БД) і баз знань (БЗ).

Навчальні дослідницькі задачі, у більшості випадків, є мутаціями традиційно використовуваних у навчальному процесі задач, їх аналітичним продовженням. Нами, зокрема, використовуються можливості, які надаються засобами ІКТ, для продовження дослідження як традиційно використовуваних навчальних задач, так і задач, аналіз і розв'язання яких може бути здійснено найбільш оптимально з використанням моделюючих ППЗ. Наразі еволюція задачі через мутації зберігає ядро задачі, її фізичний смисл. З методичної точки зору ядро задачі має: ілюструвати застосування головних природних закономірностей для описування часткових випадків, розвивати динамічне мислення, що ґрунтується на відтворюваній логіці, тобто логіці, яка може бути записана деяким адекватним чином (наприклад, використовуючи загальноживану математичну символіку і відповідну систему правил).

Подібна мутація дозволяє реалізувати поліморфізм навчальної задачі, тобто наявність у межах однієї задачі (або одного типу задач) задач, що розрізняються за рівнями:

- складності;
- узагальненості;
- інтегрованості;
- дальності асоціацій;
- конструкції математичної моделі.

З іншого боку, класифікація задач може бути побудована на підставі аналізу рівня складності діяльності під час розв'язування навчальної задачі. Тут треба підкреслити, що використання засобів ІКТ у процесі розв'язання навчальної задачі значно ускладнює діяльність учня-дослідника, про що мова буде йти далі.

Аналізуючи практику використання задач різноманітного типу у навчальному процесі, можна говорити про існування необхідних і достатніх умов, наявність яких дозволяє, у принципі, здійснити конструювання логічної, а потім і математичної моделі розв'язання навчальної задачі.

Під достатньою умовою можна, у деякому наближенні, розуміти достатність даних, наведених у задачі як відомі параметри і характеристики описуваного фізичного явища.

Під необхідними умовами можна розуміти відповідність сутності описуваних у задачі явищ відомим фізичним законом або теоріями, частинним випадком яких є описане явище (або можливість зведення описуваного явища до форми, що явно вказує на цю відповідність).

Необхідними і достатніми суб'єктивними умовами розв'язування навчальної задачі є здатність суб'єкта помітити вказану відповідність сутностей і, використавши адекватні засоби вираження (опису), сконструювати логічну або математичну модель розв'язання задачі на підставі заданих параметрів і характеристик умови.

Механізм становлення і формування знань, умінь та навичок обумовлений предметно-практичною діяльністю людини, у процесі якої формується структура знань, вичленюються закономірні зв'язки і явища. Власна структура понять створюється людиною у процесі власної конструктивної діяльності, перетворюючої практики. Розв'язання навчальної задачі є своєрідна модель перетворюючої практики, доступної учневі.

Аналізуючи процес розв'язання навчальної задачі, необхідно уточнити, що сам процес розв'язання, який розглядається як діяльність, є предметом психології, а не методики навчання фізиці.

Процес розв'язання задачі, на думку Дж. Пойа⁴⁰, «являє собою пошук виходу з труднощів або способу оминання перешкоди, – це процес досягнення мети, яка на початку здається одразу недосяжною. Розв'язання задачі є специфічною особливістю інтелекту, а інтелект – це особливий дар людини; тому розв'язування задачі може розглядатись як один із найхарактерніших проявів людської діяльності». Провівши величезні дослідження у галузі теорії і практики розв'язання навчальних задач, він же зробив наступний висновок: «Ніякий опис або теорія цього процесу не може вичерпати різноманіття його сторін, будь-який його опис або теорія обов'язково є неповними, схематизованими, надзвичайно спрощеними»⁴¹.

Необхідною складовою процесу пошуку виходу з проблемної ситуації і, зокрема, пошуку розв'язку навчальної задачі є формування судження «як чіткого та правильного співставлення одна з однією всіх основних думок, що виникають у процесі мислення»⁴². Значний інтерес для дослідження процесу розв'язування навчальних задач полягає у аналізі тих логічних форм мислення, які наразі використовують учні. Педагогічні спостереження показують, що найбільш розповсюдженою формою умовиводу, якою користуються учні на першому етапі формування гіпотези розв'язку, є простий категоричний силісмізм.

Як відомо, такий опосередкований дедуктивний умовивід не може бути логічною основою побудови загальнонаукової теорії, тому що його висновки категоричні й вірогідні за означенням. Але використання простого категоричного

⁴⁰ Пойа Д. *Математическое открытие*. – М. : Наука, 1976. – 448 с.

⁴¹ Там же.

⁴² *Общая психология / под ред. А. В. Петровского*. – М. : Просвещение, 1986. – 464 с.

силогізму в навчальному процесі дозволяє досягнути частково-методичної мети навчання найбільш оптимальним способом, адже, розглядаючи висновок у цьому типі умовиводу в гносеологічному плані, можна побачити, що його характерна риса полягає в тому, що в ньому деяке загальне знання пристосовується до одиничного або часткового випадку на підставах встановлення зв'язку даного часткового або одиничного випадку з загальним.

Отже, використання простого категоричного силогізму показує вміння учня побачити в даному конкретному випадку (конкретному завданні, задачі) ті закономірності (зв'язки, особливості, властивості), які описано у фізичній теорії (відповідному фізичному законі), і використати цю теорію («загальне») для розв'язування конкретного завдання («часткове»). З вищесказаного можна зробити висновок про те, що вміння учня використовувати умовиводи, посилення та висновки яких є категоричними судженнями, є необхідною (але, вочевидь, не достатньою) умовою для правильного формування гіпотези розв'язку задачі.

У випадку побудови навчальної задачі суб'єктами суджень є фактичні дані умови задачі, а предикатами – деякі властивості суб'єктів, що описані в умові (або розуміються, виходячи з контексту умови). Розуміння умови задачі полягає у визначенні, у якому співвідношенні знаходяться між собою предмет (суб'єкт) і властивість (предикат).

Так, наприклад, якщо елементами умови задачі є деякі масивні тіла, що несуть на собі електричні заряди, то властивість, яка їх об'єднує, є електрична і гравітаційна взаємодія між ними. Саме знання учнями властивостей згаданих елементів і закономірностей, що описують ці властивості, надає йому змоги робити категоричні умовиводи. Якщо умовиводи будуть мати ймовірнісний характер, то це буде свідчити про незнання учнем теоретичного матеріалу, тобто про непідготовленість його до розв'язування даної задачі.

Після однозначної класифікації елементів умови задачі (на підставі конкретних знань) використанням умовиводу типу простого категоричного силогізму, подальші логічні дії використовують, у більшості, умовні умовиводи (або низку умовиводів) типу «якщо..., тоді...», тобто таке складне судження, яке помилкове тоді і тільки тоді, коли попереднє судження (антецедент) істинне, а наступне (консеквент) помилкове⁴³.

У логіці таке судження має назву імплікативне. Аналіз властивостей імплікації допомагає з'ясувати такі поняття, як достатність і необхідність умов для появи деякої події, факту або дії, які описані в умові задачі. Кожен етап імплікативного судження повинен відповідати вимогам:

1) умови є достатніми для явища, якщо їх наявність обов'язково викликає це явище;

2) умови є необхідними для явища, якщо це явище не має місця без наявності цих умов.

⁴³ *Логика / под ред. Г.А. Левина. – Минск: БГУ, 1974. – 335 с.*

Судження типу еквівалентності (кон'юнкції імплікацій), що відповідають вислову «тоді і тільки тоді, коли...» та широко використовуються в математиці, у фізиці використовуються найчастіше під час розв'язування задач із застосуванням законів збереження. У разі використання таких логічних операцій спостерігається хибна імплікація, коли учень з істинного висловлювання (умови, посилання) робить неправильний висновок.

Причинами цього, на нашу думку, можуть бути:

- 1) пропуск послідовних операцій (логічних або математичних);
- 2) неправильне розуміння (або трактування) явища, що описано (або спостерігається);
- 3) неправильне віднесення явища, що описано (або спостерігається), до відомих фізичних теорій.

З точки зору діяльнісного підходу до аналізу виникнення зазначених помилок їх можна, відповідно, класифікувати як:

- 1) операційна помилка;
- 2) помилка розпізнавання;
- 3) помилка класифікації.

Накладання обмеження на сферу використання будь-якого фізичного закону, що вивчається, є прикладом переходу від загальностверджувального судження до частковостверджувального судження. Прикладом цього може бути обмеженість використання ньютонівських законів тільки для інерційних систем відліку і нерелятивістських швидкостей. Введення в курс шкільної фізики поняття «сила інерції» дозволить в багатьох випадках не змінювати тип судження. Оперування загальностверджувальними судженнями на початкових етапах аналізу умови навчальної задачі й формування гіпотези розв'язку надає можливості використовувати більший інформаційний простір пошуку аналогій, залучати більш широкий понятійний апарат фізики.

Вивчення в курсі шкільної фізики складних питань сучасної фізики (квантова механіка, хвильова оптика, теорія відносності) визнане необхідним, а вихід за межі інерційної системи відліку вважається складним для вивчення в середній школі. Як показує повсякденна практика, багато явищ, з якими зустрічається людина в побуті й на виробництві, дуже рідко потребують застосування квантовомеханічних або релятивістських уявлень, але можуть бути чітко пояснені з точки зору механіки неінерційних систем. (відцентрова сила у випадку руйнування тіла, що обертається, сила Коріоліса і т. ін.).

Аналіз структури і змісту шкільного курсу фізики з точки зору умовиводів, які опосередковано засвоюють учні у процесі вивчення фізики, зокрема, під час розв'язування навчальних фізичних задач, є одним з підходів до вирішення питання розвитку навичок продуктивного мислення, яке є не менш важливою ознакою загальної освіти, аніж засвоєння змісту саме курсу фізики. Крім того, спеціальні дослідження дають підстави для висновків про те, що

значення і форма зберігаються у пам'яті людини незалежно одне від одного. А це, у свою чергу, вказує на те, що форми умовиводів, які засвоєні суб'єктом навчальної діяльності, можуть зберігатися незалежно від змісту навчального предмету, що надає людині можливості використовувати ці форми суджень незалежно від предметної галузі діяльності.

Не менш важливим за зазначеного підходу є, на наш погляд, можливість поширення у навчально-виховному процесі активних форм засвоєння навчальної інформації з безпосереднім виходом на практичне застосування не тільки змісту курсу фізики, але і способів мислення, які свідомо опановані суб'єктом навчання на прикладах пояснення фізичних явищ та у процесі розв'язування фізичних задач. Отже, процес розв'язування навчальної фізичної задачі виступає як можливість засвоєння елементів формальної логіки під час використання визначеної множини суджень для досягнення частково-методичних цілей навчання.

Наслідком такого підходу може бути перебудова структури і змісту шкільного курсу фізики, спрямування психолого-педагогічних досліджень на пошук шляхів для побудови такого курсу, який відмовляється від протиставлення теоретичної компоненти курсу до форм суджень, які застосовуються у практичній компоненті навчальної діяльності.

З метою більш чітко окреслити коло розглядуваних питань, ми розглядаємо не розв'язування «задачі взагалі», а лише одного із видів навчальних задач – науково-дослідницьких задач, предметною галуззю використання яких є курс фізики середньої школи, та які доцільно розв'язувати з використанням засобів ІКТ. Цим ми означаємо форму вказівки і форму діяльності з виконання вказівки, що, у свою чергу, визначає спосіб існування і виражає зміст розглядуваного виду задач.

Для навчальних дослідницьких задач, тобто задач, розв'язання яких передбачає оволодіння методикою наукового дослідження у даній предметній галузі, як і для інших типів задач характерно:

- цілеспрямовано сформульована умова;
- наявність в умові фізичного змісту;
- наявність розв'язку у запропонованому формулюванні умови;
- можливість багатоваріантного розв'язання;
- «відкритість» задачі як можливість нарощування цілей розв'язання.

«Відкритість» навчально-дослідницьких задач передбачає також, що вони мають низку розв'язань (або етапів розв'язання), які мають певну ієрархію загальності (кінцевості), тобто передбачають можливість завершення розв'язування задачі на різних рівнях ієрархії.

У першому наближенні ієрархія загальності пов'язана з рівнем теорії, що вивчається, рівнем знання методів розв'язування, рівнем знання математичних методів, наявністю орієнтованих (або адаптованих) на певну діяльність засобів (у тому числі й засобів ІКТ та їх програмного забезпечення). Водночас

кожний рівень передбачає вміння використовувати засоби і методи кожного даного рівня для досягнення мети, визначеної на даному рівні.

Для навчальної дослідницької задачі характерна поява у процесі розв'язання нових невідомих, які використовуються учнями для формулювання нових питань, відповіді на які можуть бути знайдені за відомих даних в умовах динамічного зростання числа відомих. Отже, уже визначені у процесі розв'язання невідомі набувають статус відомих, активно беруть участь у подальшій діяльності учня, так як розширюють початкову базу даних умови. Це передбачає сформованість у суб'єкта навчання вміння формулювати проміжні цілі розв'язання і формувати локальні алгоритми розв'язання.

У загальному вигляді алгоритм діяльності у полі навчально-дослідницької задачі може бути поданий у вигляді, поданому на рис. 1.6.



Рис. 1.6. Узагальнений алгоритм діяльності розв'язування навчальної задачі

Етапи розв'язування задачі не можна ототожнювати із загальними принципами підходу до розв'язання задач, наприклад, правилами Декарта. Назагал можна виокремити, щонайменше, три ієрархічних рівні подання внутрішнього (вкладеного) алгоритму розв'язання (рис. 1.7.)



Рис. 1.7. «Вкладений» алгоритм розв'язку

Під час використання засобів ІКТ програма реалізації може бути виконана навіть алгоритмічною мовою. Наразі треба пам'ятати, що з точки зору програміста цілковито зрозуміла безглуздість винайдення алгоритму лише для однієї задачі з конкретними вихідними даними. Алгоритм або метод завжди слугує для розв'язання деякого класу задач, хоча саме поняття класу може використовуватися у найширшому сенсі, включаючи вузьку спеціалізацію.

Розглядувані класи задач мають нескінченне різноманіття постановок зі своїми характерними особливостями і спеціальними алгоритмами для відшукування розв'язків. Так, навчальні задачі шкільного курсу фізики бувають одно- і двовимірними (надзвичайно рідко – тривимірними), за числом незалежних змінних. Розрахункова область розв'язків може бути обмеженою або необмеженою (наприклад, для періодичних процесів).

Отримане у результаті конструювання розв'язання рівняння вище другого степеня має, у загальному випадку, лише числовий розв'язок. Наразі у суб'єкта, що використовує засоби ІКТ, є вибір: або створювати програму розв'язування, використовуючи знайому йому мову високого рівня, або використовувати готовий програмний продукт, орієнтований на розв'язування подібного типу рівнянь. Другий шлях знаходить більш широке застосування з таких причин:

- 1) користувач може не володіти основами програмування на достатньому рівні;
- 2) користувач може не володіти числовими методами розв'язування даного типу рівнянь взагалі;
- 3) проблемно-орієнтовані програмні засоби дають можливість працювати в інтерактивному режимі;
- 4) практично всі дидактично орієнтовані програмні засоби мають достатню графічну підтримку;
- 5) педагогічні програмні засоби, що дають можливість розв'язувати рівняння графічним методом (наприклад, визначенням координат коренів) дозволяють знаходити розв'язки з заданою точністю.

Із переліку проблем, з якими, на думку відомого дослідника у галузі філософії фізики М. Бунге⁴⁴, стикається фізик-теоретик, можна виокремити ті, які безпосередньо стосуються розглядуваної нами проблеми, тобто присутні в розгляді навчально-дослідницької задачі:

«(IV) Дана загальна теорія. З'єднати її зі спеціальними припущеннями, щоб отримати теоретичну модель. Водночас слід враховувати реальні проблеми, що є в наявності.

(V) Дана теоретична модель. Необхідно отримати множину передбачень, що здійснюють зв'язок з реальними даними.

(VI) Робиться низка передбачень. Необхідно прослідкувати їх виконання і зробити висновок про цінність припущень. Якщо це необхідно, можна змінити останні, відкинути невизначені дані».

⁴⁴ Бунге М. *Философия физики*. – М.: Прогресс, 1975. – 347 с.

Інтерпретуючи ці висловлювання у дидактичному ракурсі, можна відзначити подане нижче.

1. «Загальна теорія» – це засвоєна учнями система знань про способи опису деякого фізичного явища (явищ, процесів тощо).

2. «Реальні проблеми» – це множина параметрів і характеристик конкретного фізичного явища, описаного в задачі, динаміка розвитку якого описується у межах засвоєної теорії. Ця множина у навчальних цілях, зазвичай, розбита на відомі параметри і характеристики і ті, які треба визначити.

3. «Спеціальні припущення» – це гіпотези (або ланцюжки умовисновків), які, на думку учня, мають привести його до поставленої в умові задачі мети.

4. «Отримати теоретичну модель» – це сконструювати модель розв'язання задачі, тобто описати хід розв'язку задачі. Опис здійснюється, частіше за все, методами звичних математичних формул або, у загальному випадку, у вигляді знакової системи, адекватної тій системі, у якій записана «загальна теорія». Очевидно, що найбільш загальний (концептуальний) алгоритм, застосований до будь-яких видів задач, які зустрічаються у навчальній діяльності.

5. Якщо теоретична модель побудована (V), то, використовуючи в моделі конкретні значення наведених параметрів, характеристик тощо («Здійснюючи зв'язок з реальними даними»), можна отримати відповідь (множину відповідей – «множину передбачень»).

6. Отримані результати розв'язання («низка передбачень») інтерпретуються («Прослідкувати їх виконання») і робиться «висновок про цінність передумови», тобто про справедливість головної гіпотези розв'язання (або ланцюжка умовисновків) (VI).

7. У цьому ж пункті (VI) подається рекомендація змінити гіпотезу розв'язання «якщо є необхідність». Наразі можлива навіть модифікація умови задачі (у даному випадку, «відкинувши невизначені дані»).

Як видно з цього прикладу, процес роботи фізика-теоретика, результатом якого передбачається отримання нового знання (творчий процес в означенні Л. С. Рубінштейна та ін.), практично співпадає з процесом навчальної діяльності, конкретизованої в процесі розв'язання задачі. Подібних прикладів можна навести досить багато, вони широко описані у літературі і це підтверджує висновок про те, що процес розв'язання навчальної задачі будь-якого рівня (ступеня загальності) і типу як у розумовому, так і в діяльнісному плані є процесом творчим для конкретного суб'єкта навчання.

Для використання засобів ІКТ у навчальному процесі треба враховувати той факт, що ці засоби, через свою специфіку, потребують точності й однозначності у формуванні головних вимог, що висуваються до тих елементів навчального процесу, де застосовуються згадані засоби. Тобто у розглядуваному випадку необхідно точно вказати той етап процесу розв'язання задачі, на якому доцільно застосування засобів ІКТ.

Наприклад, для отримання екранного образу за допомогою ППЗ типу *Gran* і подібних до неї ППЗ у процесі їх використання для розв'язання задач треба призначати область визначення і область значень функції, що, за своєю суттю, є самостійною дослідницькою задачею. В останньому випадку від учня вимагається вміння провести попередній (частіше за все якісний) аналіз досліджуваної (або застосовуваної для розв'язання задачі) функції. Цей етап попереднього якісного аналізу відзначений в усіх стратегіях діяльності учня у разі використання ППЗ (рис. 1.8).

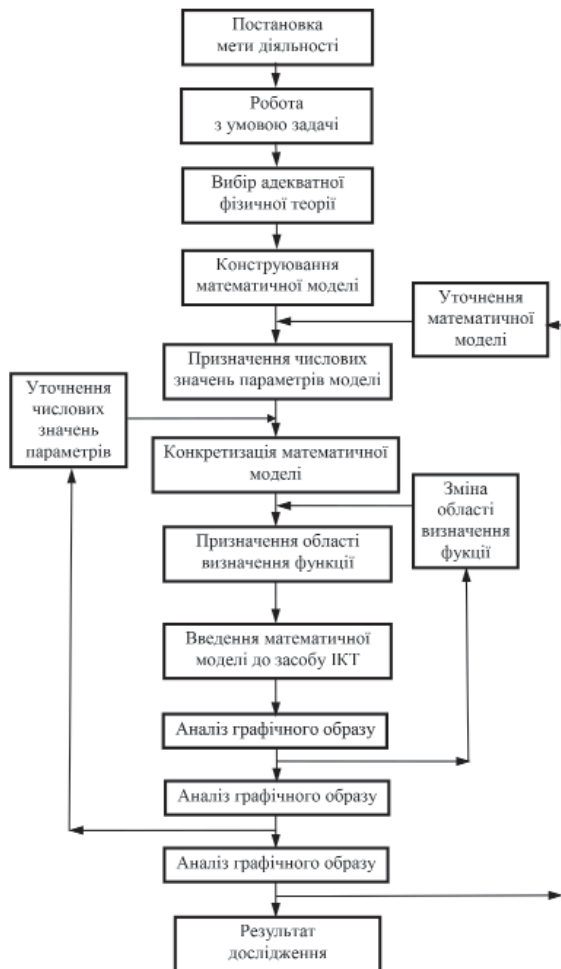


Рис. 1.8. Стратегія діяльності учня в процесі розв'язування навчальної задачі з використанням засобів ІКТ

Педагогічні спостереження показують, що число перепризначень області визначення і області значень функції (як число звернень до послуг «змінити відрізок» або «масштаб користувача» у ППЗ *Gran*) обернено пропорційно знанням учнів тих розділів курсу математики, де досліджуються властивості графіків математичних функцій. Однак, у міру використання ППЗ *Gran*, вирівнювання знань учнів у галузі властивостей математичних функцій відбувається дуже швидко (протягом двох–трьох занять). Найбільшу складність наразі викликає призначення області визначення і значень у разі використання показникових, степеневих та логарифмічних функцій.

Цілепокладання в логічних, аналітичних та графічних перетвореннях є результатом явного або неявного алгоритмічного відтворення порядку дій у процесі розв’язання задачі і розуміння тієї форми вираження результатів перетворень, яка необхідна для того чи іншого використання результатів розв’язання. Альтернативність дій при реалізації перетворень, вибір правильного напрямку у перетвореннях – це зовнішній вияв прихованих логічних процесів, які, на думку суб’єкта, просувають його до досягнення поставленої мети.

Результат розв’язання навчальної задачі можна подати як логічний вислів, записаний природною для учня математичною мовою, доповненою спеціальним алфавітом (F, a, v, t тощо). Фіксація діяльності може бути проведена у формі графу розв’язання або у позначеннях, що затвердилися в машинній алгоритміці.

У тому випадку, коли мається на увазі евристичний підхід до розв’язання задачі, тобто підхід, що спирається на метод, який не має точного обґрунтування, а лише посилання на досвід та інтуїцію, йдеться про неповну алгоритмічну розв’язаність, тобто кінцевий алгоритм розв’язання може бути складений лише для фіксованого класу задач. Крім того, без спеціальної підготовки можна розв’язати задачу, але не зуміти скласти алгоритм її розв’язання, тим більше скласти алгоритм діяльності процесу розв’язання.

Застосування засобів ІКТ у тому ракурсі, який передбачає використання ППЗ, обов’язково включає створення математичної моделі, тобто використання формального апарату математики. Інтуїтивний характер розв’язання без застосування точного формального апарату припустимий на перших етапах розв’язання навчальної задачі, але і у подальшому призводить до певних труднощів. Більш того, застосування засобів обчислювальної техніки викликає необхідність виховувати в учнів вміння алгоритмічного подання ходу розв’язання задачі, тобто розвитку алгоритмічної культури мислення.

Педагогічні спостереження показують необхідність певного підготовчого періоду, який передує розв’язанню учнями завдань навчально-дослідницького характеру з використанням засобів ІКТ (рис. 1.9). Цей період, у свою чергу, розпадається хронологічно на два етапи, кожний з яких розв’язує свої методичні завдання.

У результаті реалізації першого етапу підготовчого періоду учень повинен:

- оволодіти головними поняттями матеріалу, що вивчається;
- оволодіти навичками роботи із засобом ІКТ;
- оволодіти навичками використання конкретного програмного засобу (наприклад, ППЗ математичного моделювання).

Протягом другого етапу учень зобов'язаний:

- розв'язати низку спеціально підібраних задач з тематики, що вивчається, з наростаючим ступенем складності;
- розв'язати низку задач, де увага зосереджується саме на побудові математичної моделі процесу, що вивчається;
- провести детальний аналіз своєї діяльності під час розв'язування задач, виконання яких передбачає використання засобів ІКТ.

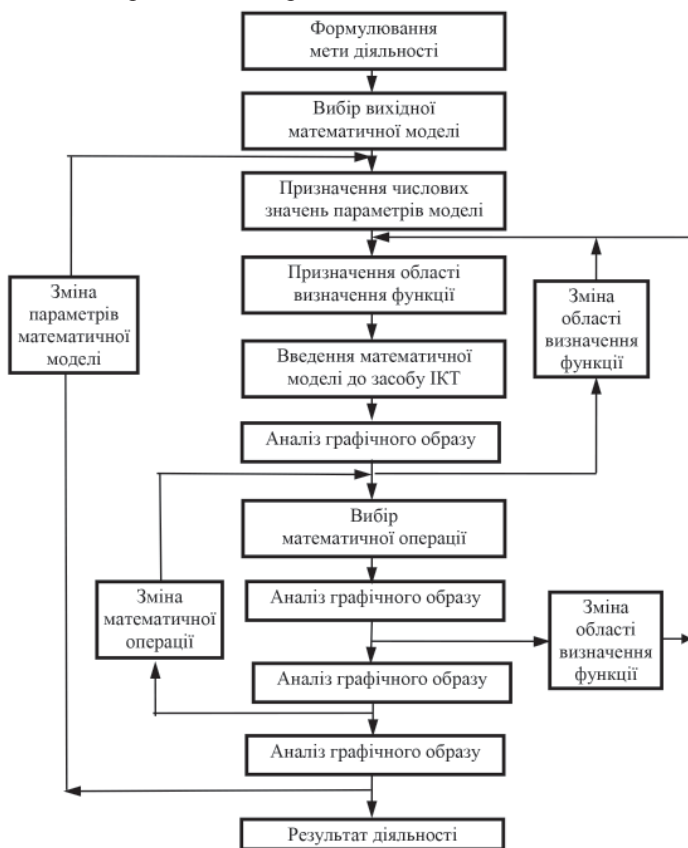


Рис. 1.9. Стратегія діяльності учня у процесі опанування сервісними можливостями конкретного засобу ІКТ

Отже, початок самостійної навчально-дослідницької діяльності починається після проходження стадії репродуктивної діяльності під час розв'язування навчальних задач з проектуванням цієї діяльності на можливість застосування засобів ІКТ. Назагал кожний елемент підготовчих етапів може бути розширений. Наприклад, під час розв'язування задач теми, що вивчається, необхідно звернути увагу на оволодіння учнями такими типами навчальних дій, як: перетворення математичних виразів (формул), виведення формул, використання формул.

Під час аналізу власної діяльності учні мають вміти скласти алгоритм діяльності, що допоможе їм свідомо обирати етапи, на яких вони мають використовувати засоби математичної підтримки розв'язання задач, надавані ІКТ. Треба звернути увагу учнів на операціональну сторону їх діяльності в управлінні процесом побудови графічного образу, тлумачення графічного подання функціональної залежності, інтерпретації числових результатів (або ланцюжка результатів), розрахунків тощо.

Як показав досвід, використання розроблених нами стратегій діяльності під час розв'язання навчальних задач різноманітних типів допомагають організувати процес формування в учнів необхідних навичок застосування засобів ІКТ.

1.6. Навчальна діяльність у процесі розв'язування дослідницьких задач з фізики: алгоритмізація і творчість

З усієї сукупності питань, що виникають під час аналізу навчальної діяльності, що спрямована на розвиток якостей дослідника у галузі природничих наук, одним із ключових є питання про творчу діяльність під час навчання.

Наукове осмислення теоретичних проблем творчості починається у VI ст. до н. е., коли розробляються метафізичні і діалектичні методи мислення (Геракліт, Піфагор, Зенон, Протагор), основи наукової індукції і передбачення (Демокріт, Платон, Арістотель), методологічні регулятиви творчості (Архімед, Аполоній, Арістофан, Герон Александрійський, Папп). Потім теоретичні проблеми творчості розробляє низка видатних учених (Р. Бекон, Ф. Бекон, П. Раме). Коло фундаментальних проблем методології творчості розглянуті Г. В. Лейбніцем, Б. Больцано, К. Кніттелем, Р. Декартом, Д. Пойа.

Помітний внесок у дослідження проблем творчості зробили такі дослідники, як А. А. Веселовський, Д. Н. Овсянико-Куліковський, А. Л. Погродін, А. А. Потебня, Т. І. Райнов, П. К. Енгельмейстер. Розгляданню методологічних проблем творчості, особливо у галузі породження нового знання, стилю мислення і когнітивних результатів наукової і технічної творчості, творчості у процесі навчання присвячені роботи сучасних дослідників: Г. С. Альтшулера, В. В. Анохіна, Н. Н. Афанасьєва, Г. С. Батищева, В. М. Бехтерева, Г. Я. Буш, Д. В. Богоявленської, Г. Н. Волкова, В. В. Губіна, Г. А. Давидова, А. С. Карміна, Б. Н. Кедрова, Т. В. Кудрявцева, В. А. Маркова,

В. О. Моляко, С. В. Нікітіна, Я. О. Пономарьова, Д. А. Поспелова, В. Н. Пушкіна, С. Л. Рубінштейна, А. В. Славина, А. К. Тихомирова, А. І. Уймова, А. Ф. Есаулова, М. Г. Ярославського та багатьох інших.

На межі XIX і XX століть значно посилились дослідження філософів і психологів у галузі природничо-наукової творчості, а дещо пізніше – технічної. Більш чітке означення предмета досліджень дало можливість більш продуктивно розглядати творчість як важливий фактор науково-технічного прогресу. З'явилася велика кількість робіт, присвячених узагальненню питань, пов'язаних з проблемами творчості.

У середині XX століття виникла необхідність в раціональному керуванні творчою діяльністю, цілеспрямованому вихованні творчих навичок людини, створенні найбільш сприятливої мотивації творчої діяльності, відшукуванні способів стимулювання творчої активності, використанні сучасних можливостей автоматизації інтелектуальної діяльності із застосуванням досягнень у галузі нових інформаційних технологій, зокрема ІКТ.

Досвід великої кількості людей, які займаються науковою, технічною і винахідницькою діяльністю, не міг не викликати узагальнення цього досвіду, пошуку найбільш загальних рис і умов творчості, без якого ці види діяльності не можливі. Наприклад, у 1923 році С. О. Грузенберг навів класифікацію типів спроб побудови теорій творчості. У книзі К. Уайльда⁴⁵ наводиться тридцять одне означення інтуїції (1938 р.). Є. П. Торренс⁴⁶ зробив спробу узагальнення відомостей про вплив вчителів на процес розвитку творчості. Він показав, що кількість видатних учнів дуже відчутно не випадково змінюється для різних вчителів. Значення викладача підкреслює також Дж. Редфорд та А. Бертон⁴⁷.

Відставання рівня розуміння природи творчості від вимог сучасних завдань дослідження творчої діяльності з усією виразністю виявляється вже у самих, як може здатися на перший погляд, простих положеннях, наприклад, у питанні про критерії творчості, критеріях творчої діяльності. Не дивлячись на те, що питання це має велику практичну значущість, відсутність досить точних критеріїв для визначення різниці між творчою і нетворчою діяльністю є зараз загальноновизнаним. Автори багатьох досліджень, проведених в останні роки у США, зійшлися на тому, що визначення різниці між творчою і нетворчою діяльністю цілковито суб'єктивне. Ми говоримо про творчу уяву у зв'язку із запровадженням нових понять, формулюванням гіпотез або винайденням нових методів або прийомів – коротше, коли у нас з'являється нова ідея, нехай вона є новою відносно нашого власного запасу ідей»⁴⁸.

На відміну від відомого визначення С. Л. Рубінштейна про те, що творчість – діяльність, «яка створює дещо нове, оригінальне, що потім входить не тільки в історію розвитку самого творця, але й в історію розвитку науки,

⁴⁵ Wild K.W. *Intuition*. Cambridge // University Press, 1938. – 220 p.

⁴⁶ Torrance B. P. *Rewarding creative behavior*. Engl. Cl.N.Y.: Prentice Hall, 1965, 353 p.

⁴⁷ Rudford I.S., Boston A. *Thinking: its nature ad development*. N.Y.: Wiley, 1974, 440 p.

⁴⁸ Грузман М. З. *Обучение учащихся средней школы программированию на основе структурного подхода*. : автореф. канд. дисс. – К.: 1987. – 22 с.

мистецтва тощо»⁴⁹, творчість у навчальному процесі не має безпосереднього суспільного значення.

Іншою відмінністю навчальної творчості від творчості у розумінні наведеного вище означення є те, що воно безпосередньо спрямовується і оцінюється вчителем (як експертом). Тут велику роль відіграє онтогенетичний аспект, що розкриває сферу творчої діяльності автора-учня. На наш погляд, будь-який механізм індивідуального пізнання з повним правом можна розглядати як один з рівнів механізму суспільного пізнання. Відомо, разом з тим, що у філогенезі механізми індивідуального пізнання формуються під безпосереднім впливом розвитку пізнавальної діяльності суспільства. Тому, між тим й іншим проявом творчості є певна подібність. Наприклад, з появою доступних електронних засобів великого поширення набуло програмування – як творчість у спеціально організованому високотехнологічному середовищі. Отже, інформаційні технології виявилися важливим фактором нового витку розвитку масової творчої діяльності.

Навіть короткий розгляд сучасного стану проблеми природи творчості, критеріїв творчої діяльності, приводить до думки, що означення поняття творчості залежить від вибору творчої події. Одні дослідники підкреслюють важливість вивчення «регулярних процедур» мислення, інші обстоюють вивчення евристичного пошуку; одні віддають перевагу методиками навчання, що містять як невід’ємний компонент «навчальні алгоритми», інші виступають за педагогіку, орієнтовану на розвиток «проблемного мислення»⁵⁰.

Супротивники алгоритмізації зазвичай підкреслюють неспівпадіння критеріїв логічної точності і психологічної доцільності. Однак неспівпадіння не означає несумісності, вочевидь, необхідно виокремити ті фрагменти освіти, де доцільно домагатися точності й алгоритмічності. Здатність мислити формально, коли це потрібно, стає однією з необхідних ознак наукової і ділової культури і виникає завдання розвитку цієї здатності. Формальність мислення не альтернатива творчості, «формальне» і «творче» як прояви інтелекту гарні кожне на своєму місці.

Для означення творчості у навчальному процесі, на нашу думку, найбільш повним є означення Я. О. Пономарьова: «...творчість у самому широкому розумінні є механізмом розвитку, взаємодії, що веде до розвитку»⁵¹. Схеми взаємовідношення взаємодії та розвитку, запропоновані Я. О. Пономарьовим, спираються на елементи (система, компонент, процес, продукт) і принципи (відносність системи та її компонентів, функціонування системи як переходи процесів у продукти і навпаки). З нашої точки зору, такий підхід дає можливість досить чітко визначити і інтерпретувати елементи тієї конкретної творчої події, якою є творчість у навчально-дослідницькій діяльності.

⁴⁹ Рубинштейн С. Л. *О мышлении и путях его исследования*. – М.: Изд. АН СССР, 1958. – 147 с.

⁵⁰ Матюшкин А. М. *Вопросы методики экспериментального исследования психологических закономерностей творческого мышления* / А.М. Матюшкин // *Научное творчество*. – М.: Наука, 1969. – С. 375-381.

⁵¹ Пономарев Я. А. *Психология творчества*. – М.: Наука. 1976. – 302 с.

Творчість полягає не у тій діяльності, кожна ланка якої чітко регламентована заздалегідь визначеними правилами, а у тій, попередня регламентація якої містить у собі певний ступінь непередбаченості, у діяльності, що приносить нову інформацію, яка передбачає самоорганізацію.

Дослідники⁵² виокремлюють у творчості такі характеристики: новизна, оригінальність, відхід від шаблону, раптовість, доцільність, цінність тощо. Згідно С. Л. Рубінштейну⁵³, творче мислення є послідовністю аналізів і синтезів, що розгортається. У психологічних дослідженнях творчого процесу виокремлюють три головних аспекти:

- інтелектуальні (розумові) механізми творчості;
- мотиваційно-особистісні регулятори творчого процесу;
- умови творчості (інтелектуальне середовище, організація, соціальне ставлення до творця та його продукції).

Досі однією з найбільш глибоких робіт із психології творчості науковця залишається стаття А. Пуанкаре⁵⁴, де автор говорить, що творчість починається у той момент, коли існуючі логічні методи розв'язування задачі виявляються недостатніми: або розв'язання наштовхнулося на перешкоду, або результат не задовольняє поставленим на початку вимогам, або виникає нова задача, для якої недостатньо існуючих засобів, або просто виникає перспектива нового розв'язання, яке краще за попереднє.

Видатний французький математик Ж. Адамар виокремлює у творчому процесі чотири стадії: підготовку, інкубацію, здогадку, перевірку (доопрацювання). Сучасний американський психолог Россмен виокремлює сім стадій: усвідомлення проблеми, аналіз проблеми, вивчення доступної інформації, формулювання застосовуваних раніше розв'язань, критичний аналіз даних розв'язань, народження нової ідеї, експериментальна її перевірка. У 1933 році американський філософ Джон Дьюї розрізнив п'ять етапів у розв'язанні проблеми: усвідомлення проблеми, аналіз проблеми, висунення ідей, перевірка ідей, вибір.

Зіставлення наведених вище (та багатьох інших) схем творчої діяльності дає можливість зробити висновок щодо певної психологічної структури, яка супроводжує процес винайдення розв'язку у проблемній ситуації, яка має виразні етапи:

- накопичення знань і навичок, необхідних для з'ясування і формулювання задачі;
- зосередження зусиль і пошуки додаткової інформації;
- інкубація – переключення на іншу діяльність;
- інсайт – здогадка;
- верифікація – перевірка.

⁵² Буш Г. Я. *Проблемные задачи и регулятивы поиска их решения*. – М.: ВНИИПИ, 1989. – 90 с.; Буш Г.Я. *Рождение изобретательских идей*. – Рига: Лиесма, 1976. – 125 с.

⁵³ Рубинштейн С. Л. *О мышлении и путях его исследования*. – М.: Изд. АН СССР, 1958. – 147 с.

⁵⁴ Анри Пуанкаре. *О науке*. / под редакцией Л. С. Понтрягина. – М.: Наука, 1983. – 530 с.

Особливості застосування інформаційних технологій під час розв'язування фізичних задач, що включають оперування програмними засобами, надає мисленню специфічний характер. Це не означає, що подібне мислення відрізняється своєю виключністю, що воно не має нічого спільного з іншими видами розумової діяльності. У своїх джерелах і основах воно є тим же загальним й опосередкованим пізнанням дійсності, як і будь-який інший вид розумової діяльності. Однак, постійне оперування засобами інформаційних технологій накладає свій відбиток на психологічну структуру розумової діяльності, на особливості її процесу і виробляє певну спрямованість мислення.

Питання про стиль наукового мислення стало злובоденим у перші десятиріччя XX століття й обговорювалося багатьма природознавцями і філософами. Під стилем наукового мислення, зазвичай, розуміють деякі стійкі риси способу мислення вчених, існуючі на деякому досить тривалому етапі розвитку науки. Головними рисами стилю наукового мислення є такі аспекти методології науки: розуміння природи самого знання, головні типи законів, переважно такі, що виявляються на даній фазі наукового розвитку і їх характерні для даної фази співвідношення, способи опису і теоретичного вираження законів. Перетворення на рівні стилю мислення – це завжди деякі корінні і глобальні трансформації наукового знання.

У курсі фізики середньої школи вивчають закони, сформульовані не лише у різні періоди розвитку цивілізації, а й в епохи різного стилю наукового мислення. Це, наприклад, механіка Ньютона і квантова механіка. На думку М. Борна⁵⁵, вони належать, відповідно, до ньютоніансько-об'єктивістського і суб'єктивістсько-об'єктивістського стилів мислення.

Дослідницька діяльність, навіть навчальна, передбачає оволодіння певними знаннями, методами та вміннями, але також і сформованістю певного стилю мислення. Однією з головних особливостей цього стилю мислення є усвідомленість операцій і прийомів розумової діяльності. Учень-дослідник має розуміти й усвідомлювати не лише результат своєї діяльності, а й сам процес цієї діяльності «як поетапного формування усвідомлення (розуміння): окремих факторів, явищ, подій, процесів, а також зв'язків між ними; сутності понять, ідей, вчень, теорій (закономірностей і законів); механізмів міркувань, структури розумових операцій; шляхів мислення, тобто причин вибору того чи іншого вирішення питання»⁵⁶.

Досить значна фрагментарність знань школяра про природні явища, що вивчаються, і закони, що їх описують, викликана низкою досить зрозумілих причин, обов'язково має компенсуватися досить точною логічністю кожного фрагменту навчання. Дидактична обробка основ науки неминує реалізує вимоги законів правильного, несуперечливого і переконливої побудови предмета, що вивчається, а саме:

⁵⁵ Борн М. *Фізика в житті мого покоління*. – М.: Мир, 1963. – 269 с.

⁵⁶ Поспелов Н. Н., Поспелов И. Н. *Формирование мыслительных операций у старшеклассников*. – М.: Педагогика, 1989. – 152 с.

1) вивчення фізичного явища має здійснюватися у певних системах зв'язків і відношень з іншими фізичними явищами;

2) відображення цих зв'язків і відношень повинно описуватись в адекватних системах понять, розташованих у точно визначених рівнях абстракції;

3) виокремлюються головні (суттєві у даному випадку) властивості й характеристики явищ;

4) будується послідовна і несуперечлива модель фізичного явища, що вивчається, описувана, зрештою, математичною формулою, яка є знаковим вираженням фізичної теорії.

Формування навчальної задачі передбачає накладення додаткових міркувань на існуючу теоретичну модель, ще більше конкретизуючи обставини існування (динаміки розвитку) цієї моделі. Це дозволяє стверджувати, що найбільш адекватним підходом до розв'язання навчальної задачі є створення, на підставі гіпотези розв'язання, моделі розв'язання задачі. Ґрунтуючись на тому, що розв'язання навчальної задачі є одним з видів конкретно-перетворюючої діяльності, доступної учням, можна стверджувати, що це – найбільш загальний підхід до методики розв'язання навчальної задачі, бо він дозволяє (зрозуміло, частково) використовувати загальнонаукові методи дослідження фізичної реальності, застосовувані у сучасній фізиці.

Дидактична обробка основ науки природно призводить до превалювання дедуктивного підходу у методиках навчання. У той же час, використання навчальних задач дозволяє учневі реалізувати індуктивний шлях пізнання, тобто через задачі здійснюється, у деякій мірі, емпіричне накопичення певних знань, ілюструється для суб'єкта навчання емпіричний компонент науки. Водночас відбувається застосування вже вироблених наукою, що вивчається, пізнавальних засобів і теоретичних конструкцій, реалізується асиміляція нового знання про них. Використання задач дозволяє здійснювати навчання через «діяльність застосування»⁵⁷.

У психологічній традиції творчість тривалий час ототожнювалась з розв'язанням завдань на кмітливість або, як їх називають, творчими завданнями. Особливість цих завдань полягає в тому, що об'єкти розв'язання виступають для суб'єкта у новій, незвичній якості. В. Г. Разумовський⁵⁸ визначає творчі завдання як завдання, алгоритм розв'язання яких не відомий. Такої ж думки дотримуються більшість авторів, що займаються цим питанням. Очевидно, що згідно цього означення, якщо даному учневі невідомий алгоритм розв'язання даного, навіть типового завдання, то для нього воно є творчим. У цьому визначенні не всі навчально-дослідницькі завдання є творчими.

Вихідним пунктом будь-якого спрямованого дослідження є проблема. Пошук шляхів розв'язання проблеми приводить дослідника до висунення тієї чи іншої ідеї – початкового припущення. З моменту зародження початкового

⁵⁷ Швырев А. С. К анализу теоретического и эмпирического в научном познании // Вопросы философии. – 1975. – №2. – С. 23-35.

⁵⁸ Разумовский В. Г. Развитие творческих способностей учащихся в процессе обучения физике. – М.: Просвещение, 1975. – 272 с.

припущення розпочинається процес формування гіпотези. Логічну основу висунення гіпотез складають імовірнісні, вірогідні умовисновки (неповна індукція, аналогія тощо). Початкове припущення частіше за все народжується у формі здогадки, тобто такої думки, яка виникає деякою мірою інтуїтивно. Зародження початкового припущення, здогадки – складний, багато у чому суперечливий процес обробки інформації про об'єктивну реальність, де використовуються різні типи умовисновків. Логічні шляхи і засоби, які використовуються у цьому процесі, далеко не завжди усвідомлюються дослідниками, що часом створює видимість раптового народження нової ідеї, наукового відкриття і дає привід поверхневому спостерігачеві говорити про алогічність цього процесу. Наприклад, Шопенгауер порівнював доведення теореми Евкліда з трюком фокусника: істина майже завжди виникає з чорного ходу, вона з'являється випадково із якихось незвичних джерел⁵⁹.

Однак, слід мати на увазі, що при пошуку відповіді на наукову проблему важливо, щоб ця відповідь (ідея, думка) виникла. Найбільш незрозумілим, досі не поясненим моментом розв'язання задачі (у широкому розумінні) є момент знаходження розв'язку, тобто момент подолання «бар'єру» між незнанням та знанням. У своїх дослідженнях Я. А. Пономареву, О. Mowrer, K. Wild вдалося продемонструвати феномен «бар'єру», після якого попередній досвід вже не допомагає розв'язанню, але відповісти на запитання, які психологічні механізми забезпечують подолання бар'єру, не вдалося. Запропоновані як пояснення цього механізми перенесення, установки, дивергентного мислення виокремлювали лише окремі аспекти творчого процесу. Експериментальні дослідження процесів розв'язання творчих задач створили основу для практичного методу проблемного навчання, сутність якого полягає у підведенні учня до «бар'єру».

У науково-технічній творчості мисленнєвий перебір варіантів може відбуватися підсвідомо. Непридатні шляхи відкидаються, а той, що веде до розв'язку, «пробивається» у свідомість. Це і є момент «осаяння» або «інсайту»⁶⁰.

Запроваджений у гештальтпсихології Келером термін «інсайт» проблему інтелектуальної творчості не розв'язує – він замасковує труднощі під новою назвою. Так, вже у 1945 році було встановлене важливе значення попереднього досвіду для «інсайтних» рішень. Суть у тому, що інсайт може забезпечувати синтез, а не лише перекодування. Очевидно, тут важливий саме понятійно та структурно впорядкований досвід⁶¹.

Розвиваючи теорію інсайту, А. В. Брушлинський запровадив поняття «повільний інсайт» (або «наведений інсайт»), який передбачає розв'язання задачі через аналогічну, але більш просту⁶². У цьому відношенні досить продуктивною, на

⁵⁹ Грузман М. З. Обучение учащихся средней школы программированию на основе структурного подхода : автореф. канд. дисс. – К.: 1987. – 22 с.

⁶⁰ Поспелов Н. Н., Поспелов И. Н. Формирование мыслительных операций у старшеклассников. – М.: Педагогика, 1989. – 152 с.

⁶¹ Osgood Ch. *Method and Theory of Experimental Psychology*, N.Y., Oxford University Press, 1953, 613 p.

⁶² Брушлинский А. В. *Психология мышления и проблемное обучение*. – М.: Знание, 1983. – 96 с.

наш погляд, є теорія «передчуття», розроблена у російській психології. «У ході розв'язання задачі завжди здійснюється хоча б мінімальне, зовсім незначне і на початку дуже приблизне передчуття невідомого»⁶³. Підтверджуючи думку А. В. Петровського, американські хіміки У. Платт і Р. Бейкер говорять про «наукове передбачення», означаючи його як «об'єднуюча або надаюча ясність ідея, що раптово виникає у свідомості як розв'язання проблеми, у якій ми глибоко зацікавлені»⁶⁴.

Я. А. Пономарьов⁶⁵ як психологічну характеристику мислення, що полегшує розв'язання завдань на кмітливість, виокремив таке:

- ступінь розвитку здатності до довільного подання;
- ступінь усвідомленості дій;
- обсяг мислених дій;
- можливість суміщення декількох видів діяльності. Узагальнено це було названо здатністю діяти у внутрішньому плані, яка чітко корелює з успішністю розв'язання творчих завдань.

У роботі Б. М. Кедрова «Соотношение фундаментальных и прикладных наук» показано зв'язок інтуїтивних розв'язань з використовуваними засобами. Проблема засобів є ключовою не лише у науковій, а й у будь-якій творчості. А. М. Матюшкін⁶⁶ підкреслює, що у процесі творчості звичні знаряддя набувають нових, більш відповідних розв'язанню задач властивостей. На нашу думку, це стосується і засобів ІКТ, котрі є в розв'язанні різного роду задач одними із знарядь, що допомагають розширити інтелектуальні можливості людини.

Існує безпосередній зв'язок зовнішніх формально-логічних й інтуїтивних механізмів мислення. Багато дослідників-педагогів (наприклад К. В. Бардін⁶⁷) загальними для процесу розв'язання задач вважають такі прийоми розумової роботи:

- змістове групування матеріалу;
- виявлення смислових опорних пунктів матеріалу;
- складання плану дій;
- формулювання логічної схеми матеріалу.

Як відмічав С. Л. Рубінштейн «...провідна ланка будь-якої розумової діяльності, головний нерв процесу мислення...», полягає у тому, що «об'єкт у процесі мислення включається у все нові зв'язки у силу цього виступає в усе нових якостях, які фіксуються у нових поняттях; з об'єкта, так би мовити, вичерпується весь новий зміст, він ніби то повертається кожний раз іншою своєю стороною, у ньому виявляються все нові якості, які фіксуються у нових понятійних характеристиках»⁶⁸.

⁶³ *Общая психология / под ред. А. В. Петровского. – М.: Просвещение, 1986. – 464 с.*

⁶⁴ *Platt W. and Baker R. The Relation of the Scientific 'Hunch' to Research, 1931.*

⁶⁵ *Пономарев Я. А. Психология творчества. – М.: Наука, 1976. – 302 с.*

⁶⁶ *Матюшкин, А. М. Вопросы методики экспериментального исследования психологических закономерностей творческого мышления [Текст] / А. М. Матюшкин // Научное творчество. – М.: Наука, 1969. – С. 375-381.*

⁶⁷ *Бардин К. В. Как научить детей учиться. – М.: Просвещение, 1969. – 110 с.*

⁶⁸ *Рубинштейн С. Л. О мышлении и путях его исследования. – М.: Изд. АН СССР, 1958. – 147 с.*

Однак зрозуміло, що «...за зовнішньою залежністю «варіювання –перенесення виступає психологічно розкривна, внутрішня залежність «аналіз-у-загальнення»⁶⁹.

Утім, багато дослідників відзначають, що в експериментальних проблемних ситуаціях зберігається суттєва відмінність від ситуації творчості.

Надалі передбачувана відповідь може бути перевірена, доведена або заперечена, кожний випадок висунення гіпотези – це прийняття рішення про продовження пошукової діяльності в обраному напрямку. Наразі слід пам'ятати, що набір логіко-пізнавальних засобів у учня обмежений через недостатній досвід діяльності у даній предметній галузі. Керівна діяльність учителя, таким чином, необхідна практично на всіх етапах процесу вироблення і перевірки гіпотези розв'язання задачі, хоча форми цієї діяльності мають бути адекватними цілям навчального процесу.

Якщо у науковій творчості (діяльності) гіпотеза зрештою переходить у достовірне знання, то у навчальній діяльності (зокрема під час розв'язування навчальних задач) гіпотеза – один із засобів побудови моделі розв'язання. Достовірність самого розв'язання визначається його проєкцією на існуюче достовірне знання. У цьому плані поняття «гіпотеза» у навчальній діяльності більш відповідає здогадці (припущенню), котре у науковій діяльності передує гіпотезі.

Формування гіпотези покликане розв'язати завдання спроби розкриття причинно-наслідкових та інших закономірностей, зв'язків і відношень досліджуваного явища, його сутності, властивостей тощо. У навчальній діяльності, якщо суб'єкту не відомі (або не зрозумілі з умови задачі) закономірності зв'язків описуваного явища, їх причинно-наслідковий характер тощо, то розв'язання навчальної задачі неможливе у принципі. Ми повинні пам'ятати, що, порівнюючи навчальну діяльність з науковою (або навчально-дослідницьку з науково-дослідницькою), ми лише проєкуємо першу на другу. Термінологічна плутанина призводить до того, що часто отожднюють діяльність у теоретико-емпіричному просторі (наука) з діяльністю у теоретико-аксіоматичному просторі (навчання), так як у процесі навчання використовуються дидактично оброблені, трансформовані в аксіоми різного ступеня загальності наукові теорії. Сказане відноситься до всіх фактуальних наук, у тому числі й до фізики. Найбільш частим методом підтвердження гіпотези розв'язання навчальної задачі є метод дедуктивного виведення даної гіпотези з іншого, але вже достовірного знання: наукової теорії, фізичного закону, відомого розв'язку аналогічної задачі тощо.

Спростування гіпотези здійснюється шляхом фальсифікації наслідків, що впливають з неї, тобто шляхом встановлення невідповідності наслідків з гіпотези об'єктивному порядку речей, встановлення неузгодженості їх з фактичними даними. За наявності декількох гіпотез, висунутих для розв'язання однієї і тієї ж проблеми, окрім розглянутих прямих способів підтвердження і спростування гіпотези, можуть застосовуватись й опосередковані методи.

⁶⁹ *Общая психология / под ред. А. В. Петровского. – М.: Просвещение, 1986. – 464 с.*

Педагогічні спостереження процесу формування гіпотези дає можливість зробити висновок, що пошукова поведінка буває ефективною, коли учень готовий до сприйняття інформації, яка міститься в умові задачі. Ця готовність зростає в міру збільшення ймовірності зустріти знайому для учня інформацію і від того, яку саме інформацію учень очікує знайти в умові, у якому контексті зустрічається незнайома інформація. Це, загалом, узгоджується зі спостереженнями психологів про те, що «ідентифікація на підставі ознаки є, імовірно, найбільш частою і елементарною формою пізнавальної діяльності»⁷⁰.

В евристичному плані треба говорити про вихідну і вторинну гіпотези. Саме вихідна гіпотеза є найважливішою, оскільки з неї починається процес розв'язання, а вона, у свою чергу, залежить від характеру процесу сприйняття проблемної інформації. Евристика більшістю спеціалістів розуміється як набір особливих прийомів мислення, які дають можливість «звужувати простір пошуку» розв'язання, виявляти галузі, де імовірність наштовхнутися на правильний розв'язок більш висока, ніж у разі суцільного перебору варіантів.

Слово «евристика» вперше з'явилося у роботах грецького математика Папа Александрійського, який жив у другій половині III століття нашої ери. «Чому ж евристика... не створила ефективних методів розв'язання... задач. Перш за все тому, що евристика із самого початку ставила надто загальну мету: знайти універсальні правила, покликані розв'язувати будь-які теоретичні задачі у всіх галузях людської діяльності»⁷¹.

Згідно М. Бунге, процес сприйняття охоплює три етапи: сприйняття починається з деякого очікування або гіпотези; потім відбувається прийом інформації; нарешті – перевірка або підтвердження інформації. З точки зору теорії алгоритмів процеси обробки гіпотез у сприйнятті й у розв'язанні є вкладеними циклами, обробка яких протікає, очевидно, строго індивідуально. Однак, загальним виявляється той факт, що будь-яка гіпотеза включена до деякої системи гіпотез, на які вона опирається. Чим більша кількість опорних гіпотез і чим більше інтегрована їх система, тим імовірніше виникнення даної гіпотези, віра в її правильність.

Розглядаючи процес розв'язання навчально-дослідницької задачі в ракурсі репліки науково-дослідницької діяльності безпосередньо на уроці, можна зазначити, що умова задачі (дані, навчальна проблема, сценарій) є для учнів новими фактичними даними, новою ситуацією (зв'язки і співвідношення даних) у світлі вже пізнаних закономірностей, уже вивчених учнями теорій. У цьому випадку логічною основою вивчення явища є умовисновки від знань більшого ступеня загальності до знань меншого ступеня загальності, тобто від загального до часткового. Вони дають можливість учневі в процесі розробки гіпотези розв'язання перейти від уже відомих загальних положень науки, її законів до поставленої в задачі проблеми.

⁷⁰ Бунге М. *Интуиция и наука*. – М.: Прогресс, 1967. – 186 с.

⁷¹ Альтицеллер Г. С. *Алгоритм изобретения*. – М.: Московский рабочий, 1973. – 295 с.

РОЗДІЛ II. НАВЧАЛЬНА ДІЯЛЬНІСТЬ У КОМП'ЮТЕРНО ОРІЄНТОВАНОМУ НАВЧАЛЬНОМУ СЕРЕДОВИЩІ

2.1. Організація навчальної діяльності у комп'ютерно орієнтованому навчальному середовищі

Проблему використання засобів інформаційно-комунікаційних технологій (ІКТ) у навчально-виховному процесі можна розглядати з багатьох точок зору залежно від напрямку дослідження цього питання. Розглянемо діяльність із засобом ІКТ як окремим видом навчальної задачі, до розв'язування якої учень має звертатися у випадку залучення названого засобу контекстно до педагогічної ситуації.

Зрозуміло, що свідоме і продуктивне залучення до навчальної/учбової діяльності засобу ІКТ потребують від суб'єкта попереднього засвоєння ним деякої множини спеціальних знань, умінь і навичок, не усі з яких входять до навчальної мети, притаманної основній задачі, яка розв'язується суб'єктом навчання. Але діяльність, яку здійснює учень у процесі застосування засобів ІКТ, є також діяльністю учіння (за Г. С. Костюком), хоча кінцевою метою навчання є формування в учня заздалегідь визначеної структури знань, умінь і навичок в тій галузі науки, яка вивчається, і, частіше за все, не відноситься до галузі ІКТ.

Виходячи з того, що діяльність частіше за все розглядається як з точки зору її продуктивності, так і прикладної значимості, можна казати, що навчальна/учбова діяльність із засобом ІКТ, як правило, жорстко детермінована і, як наслідок цього, може бути обмежена у можливостях щодо якісного, педагогічно доцільного розвитку особистості. Звертаючись до проблеми розвитку особистості, ми приходимо до проблеми навчально-розвивальної діяльності в умовах застосування ІКТ і визначення умов, за яких ця діяльність стає засобом розвитку особистості в цілому і здібностей зокрема.

Названу проблему можна розв'язувати, на наш погляд, з позицій концепції системогенезу діяльності. Розглядаючи навчальну діяльність, яка здійснюється у процесі застосування ІКТ, доцільно представити її у вигляді деякої задачної моделі. Виділення такої моделі може виступати як теоретичне (або змістове) узагальнення, яке дозволяє звести різні форми і види діяльності до визначеного теоретичного конструкту, у якому відображені загальні для цього виду діяльності компоненти і їх зв'язки. Використання зазначеної моделі надає можливість розглянути окремі питання щодо організації навчальної діяльності, зокрема діяльності учня у процесі самостійного навчального дослідження з використанням засобів ІКТ (рис. 2.1).

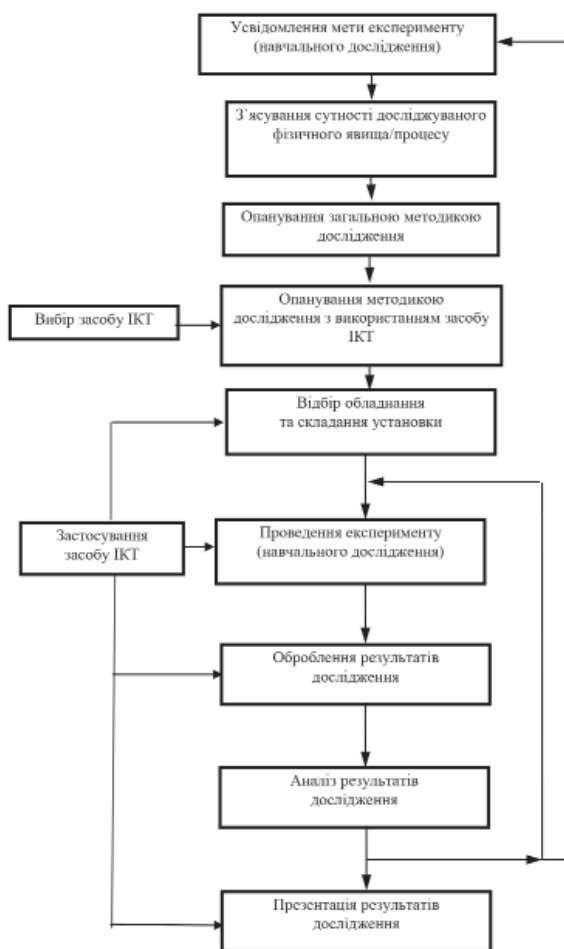


Рис. 2.1. Стратегія діяльності учня у процесі самостійного навчального дослідження з використанням засобу ІКТ

1. Будь-яка діяльність, у тому числі й діяльність, що пов'язана з застосуванням ІКТ, виступає для учня у формі нормативно-схваленого способу діяльності. У процесі засвоєння комплексу знань, умінь і навичок учень перетворює його в індивідуальний спосіб діяльності. Наразі внутрішньою стороною оволодіння зазначеним комплексом є формування психологічної системи діяльності на підставах індивідуальних властивостей суб'єкта діяльності шляхом їх реорганізації, переструктурування, виходячи з мотивів діяльності, цілей та умов (Ю. М. Швалб).

Під впливом вимог діяльності індивідуальні властивості, на яких побудована психологічна система діяльності, перетворюються, набувають рис оперативності, пристосування до цих вимог. Отже, одним із принципів аналізу задачної моделі є урахування системи проявів індивідуальних властивостей діяльності: окремі види діяльності виступають не ізольовано, а поєднуються в деяку систему діяльності (поведінку).

Усі блоки психологічної системи діяльності (мотиви, цілі, програми, інформаційні основи діяльності, прийняття рішень взаємопов'язані і розглядати їх відокремлено можна тільки з метою дослідження (В. Д. Шадриков). Можна вважати, що їх нерозривність є наслідком системної, неаддитивної природи навчальної діяльності. У процесі навчання, навчальної/учбової діяльності відбувається розвиток і трансформування мотиваційної структури суб'єкта діяльності. Виконання практичних дій допомагає формуванню структури мотивів і їх обізнаності. Результатом цього процесу є (за А. Н. Леонтьєвим) встановлення особистісного смислу діяльності й окремих її аспектів. Розуміння особистісного смислу діяльності знаходить своє відображення у характері виконання окремих дій і діяльності у цілому.

З іншого боку, виходячи із загальної методологічної концепції про те, що зовнішні дії заломлюються через внутрішні умови, можна стверджувати, що нормативна діяльність завжди буде набувати індивідуального характеру, що є наслідком вираження діяльності через особистісні якості. Зрозуміло, що коли людина неспроможна на певному рівні розвитку реалізувати потреби діяльності, здійснюється розвиток саме діяльності й розвиток людини.

2. Відомо, що системна організація психічних процесів визначає межі властивостей психічного відображення. Особливою властивістю людини є сукупне оцінювання статистичних, ціннісних та семантичних аспектів інформації, що поступає. Але відповідні реакції людини детерміновані не тільки вхідною інформацією, але й особливостями регуляторних процесів, у першу чергу, процесів розв'язання. Процес розв'язання є однією з фундаментальних детермінант поведінки у тих задачах, де сенсорно-перцептивні процеси відіграють суттєве значення, що найбільш характерно у випадку застосування ІКТ. У зв'язку з цим необхідно враховувати особливості процесів розв'язання на кожному рівні психічного відображення⁷².

У випадку застосування ІКТ множина похідних реакцій (сукупність дій на підставі результатів процесу розв'язання) багато у чому задається властивостями системи «учень – засіб ІКТ», що включає в себе «зовнішній інтелект», який відображається у закладених авторами властивостях апаратно-програмного комплексу «засіб ІКТ». Це, у свою чергу, накладає деякі особливі вимоги до планування навчальної діяльності, яка передбачає застосування ІКТ, тобто окремо формується проблема щодо педагогічної доцільності використання засобів ІКТ у конкретному навчально-виховному процесі. Розв'язання цієї проблеми,

⁷² Шадриков В. Д. *Психология деятельности и способности человека*. – М.: Логос, 199. – 318 с.

у більшості випадків, визначається особистісним досвідом, професійним рівнем, нахилами і талановитістю проєктанта й організатора навчально-виховного процесу (учителя, викладача), рівня його педагогічної майстерності.

3. Множину можливих реакцій суб'єкта навчальної діяльності щодо розв'язування задачі, що виникає як додаткова у випадку застосування ІКТ, можна поділити на множину реакцій поведінки і множину особистісних реакцій. Перша множина реакцій має прояв у прямому виконанні суб'єктом діяльності приписів, які подані в інструкції щодо застосування ІКТ у вигляді низки приписів («алгоритму дій»), тобто заздалегідь сформульовані організатором навчального процесу. Друга множина визначається рівнем розуміння суб'єктом діяльності проблеми, глибиною обізнаності ним цілепокладання (особистісного доозначення задачі), які, у свою чергу, детерміновані минулим досвідом суб'єкта, станом його підготовленості до виконання роботи. Домінуючий вплив цих факторів спостерігається у перетворенні поданого ззовні «алгоритму дій», декомпозиції цього алгоритму на власне розуміння суб'єкта діяльності.

Окремого розгляду потребує питання про те, як впливає формування алгоритмічного мислення (на позитивних якостях якого наполягають багато педагогів) на розвиток творчих здібностей учнів. Це важливо хоча б тому, що творчість це, у першу чергу, вихід за межі засвоєного алгоритму. Алгоритм, як система приписів, виконання яких обов'язково приводить до отримання розв'язку задачі, формує, в основному, навички репродуктивної діяльності. Перевантаження алгоритмічністю, стискання рамками приписів саме дитячого мислення може завдати більше шкоди, аніж користі. Врівноваження компонентів різних форм розумової діяльності молодших школярів має бути обґрунтовано з урахуванням превалювання формально-логічної компоненти в розумовій діяльності під час оперування алгоритмами. Деякі фахівці навіть наполягають на тому, що постійне оперування із засобами інформаційних технологій накладає свій відбиток на психічну структуру розумової діяльності, на особливості її процесів і виробляє відповідну спрямованість мислення. Аналізуючи професійну діяльність програмістів, дослідники помітили, що «комп'ютер подібний до дзеркала, яке відображає зворотній бік розумових процесів програміста»⁷³.

4. У процесі планування структури та змісту навчального процесу, у якому передбачається застосування ІКТ, треба враховувати ту множину реакції поведінки (або множину структур діяльності), що може бути ініційована названим засобом. У більшості випадків ця множина детермінується властивостями програмного забезпечення ІКТ. Так, недосконалі (слабо дидактично орієнтовані) програмні засоби, що залучаються до певного етапу діяльності учіння, можуть розсіювати увагу користувача, примусити опанувати зайву інформацію, що, у свою чергу, може привести як до виникнення діяльнісної помилки, так і до неефективного використання ІКТ (поглиблення конфлікту).

⁷³ Elliot P. C. and Peelle H. A. *Computer-Augmented Training* // *TOPICS in Instructional Computing, ACM SIGCUE*. 1975, Jan.

Тут треба зазначити, що зміст опису дій, у якому відображено зміст діяльності, її структура (алгоритм), відноситься до сфери планування, організації й управління учнем своєї власної діяльності. Нормуюча спрямованість такого опису допомагає її прямому практичному здійсненню. Взаємовплив засобів діяльності і самої діяльності не викликає заперечень, але опис властивостей ІКТ є описом атрибутів, матеріальних й інформаційних об'єктів, що формують середовище діяльності, і відносно до прямої дії є другорядним, фоновим, хоча й виступає невід'ємною складовою структури діяльності.

У міру опанування суб'єктом системою правил діяльності із засобом ІКТ, яка виступає як система супідрядних дій відносно основної діяльності, та, відповідно, і як система усвідомлених додаткових цілей, будується єдиний процес, єдина складна дія (рис. 2.2). «При цьому той зміст, який раніше займав місце усвідомлених цілей цих часткових дій, займає у побудові складної дії структурне місце вимог його виконання. А це означає, що тепер і операції, й умови дії також входять до кола усвідомленого. Тільки вони входять до нього суттєво інакше, аніж власне дії та їх цілі. Ця метаморфоза дій, тобто перетворення їх у операції та, таким чином, породження операцій нового типу (будемо називати їх усвідомленими операціями), добре вивчено експериментально...»⁷⁴.

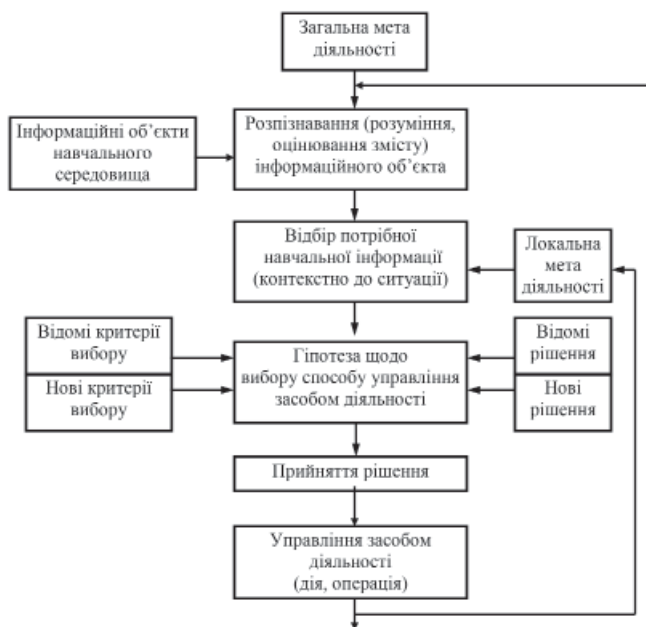


Рис. 2.2. Процес прийняття рішення щодо управління засобом ІКТ у процесі самостійної навчальної діяльності

⁷⁴ Леонтьев А. Н. Проблемы развития психики. – М.: МГУ, 1981. – 582 с.

5. Наразі склалась думка про те, що педагогічна задача розвитку творчого мислення учнів може бути деякою мірою розв'язана якомога широким застосуванням ІКТ у навчально-виховному процесі. На нашу думку, це може мати місце у випадках, коли уміння, знання і навички суб'єкта навчальної діяльності підкріплені достатнім особистісним досвідом використання ІКТ, у суб'єкта розвинуті риси самостійності, у тому числі навички самостійної діяльності, достатньою мірою сформовані необхідні стереотипи дослідницької діяльності у системі «учень – засіб ІКТ», визначена структура цілей, достатньо опановано теоретичний матеріал (на рівні самостійного визначення суб'єктом діяльності можливості залучення ІКТ для досягнення мети діяльності).

Якщо врахувати той факт, що орієнтовно-дослідницька поведінка є невід'ємною складовою творчого підходу до виконання навчального завдання, то, не відкидаючи загальносистемних вимог до планування навчальної діяльності, достатньо так сформулювати мету діяльності та структурувати опис ходу її виконання, щоб діяльність з досягнення встановленої мети викликала потребу в суб'єкта діяльності на певних ділянках виконання завдання залучати засоби ІКТ, як засоби, без яких мета не може бути досягнута. Інакше кажучи, алгоритм виконання діяльності учіння повинен описуватися розгалуженим графом, у вузлах якого формуються альтернативи вибору щодо застосування/не застосування ІКТ.

Назагал, продуктивна діяльність у ході виконання навчального завдання із застосуванням ІКТ може бути реалізована тільки тоді, коли можливості засобу опановано і засвоєно суб'єктом на рівні, достатньому для самостійної реалізації алгоритму діяльності без покрокового звертання до тексту-інструкції. Отже, діяльнісна задача має бути не тільки зрозумілою, але й сприйнятою суб'єктом, тобто співвіднесена з його потребою-мотиваційною сферою.

У міру накопичення досвіду застосування ІКТ, особливо у випадку, коли нормативні вимоги щодо виконання завдання подано у єдиній ідеології, спрощується операція перенесення, механізм якого полягає у викресленні суб'єктом (не обов'язково обізнано) загальних моментів у структурі дії, що засвоєна раніше, і дії, що засвоюється зараз. На практиці це має прояв у тому, що оволодіння новою дією протікає легше і швидше, аніж оволодіння попередньою дією. Міра перенесення залежить від повноти орієнтування суб'єкта на критерії і підстави виконання дій. Незначне перенесення спостерігається у випадку орієнтування не на суттєві, наріжні відношення, а на зовнішні, ситуативні. Саме тут визначається рівень опанування суб'єктом навчання засобом ІКТ як засобом самостійної навчальної діяльності, на що було вказано раніше.

Дослідження показують, що під час роботи із засобами ІКТ і конкретними педагогічними програмними засобами для розв'язування навчальної задачі, предметна галузь якої знаходиться за межами власне обчислювальної техніки, учень знаходиться в ситуації, коли повинен використовувати дві паралельно-последовні перцептивні схеми. Одна схема – основна – дозволяє йому здійснювати

діяльність в предметній галузі тієї навчальної задачі, що має бути роз'язана згідно з педагогічним завданням, інша – додаткова – здійснювати діяльність щодо управління засобом ІКТ (коли учень виступає як його активний користувач). У разі звертання до тієї чи іншої перцептивної схеми, одна з них відходить на другий план, тобто переходить в область «затемнення». Переведення уваги, перенесення акцентів діяльності визначає специфіку застосування ІКТ в навчальному процесі, впливає на процес прийняття рішення. Як показують педагогічні спостереження, під час реалізації перцептивних циклів учень віддає перевагу активному. Це, на наш погляд, пояснюється тим, що для учня розв'язування навчального завдання є соціально значущим процесом і, відповідно, інформація, що сприймається від засобу ІКТ, сприймається як значуща. Ця домінанта вмотивованості примушує учня активно досліджувати інформацію, що відображається на екрані комп'ютера. Активне сприймання екранного образу приводить до діяльності, результатом якої є проведення низки операцій над об'єктом, що спостерігається, й надає учневі можливість для його опрацювання відповідно до завдання. Ці дії, вочевидь, супроводжуються ланцюжком гіпотез щодо пошуку шляхів розв'язування навчального завдання, які перевіряються в результаті цілеспрямованої діяльності учня з використанням ІКТ.

Пасивний перцептивний цикл показує відсутність в учня ідей, які є основою пояснювальних гіпотез. У цьому випадку вчителеві слід активно втручатися в ситуацію, що склалася, провести її аналіз, вказати учню можливі шляхи виходу з конфлікту. Найбільш продуктивним педагогічним прийомом тут є надання можливості учневі вербально описати явище, що спостерігається. Наразі учень повинен назвати всі елементи ситуації, її характерні ознаки, використовуючи понятійний апарат тієї галузі науки, яка вивчається. Це обговорення дозволяє заповнити лакуни в змістовому уявленні відносно досліджуваного явища, тоді як образи, відображені на екрані засобу ІКТ, доповнюють інтуїтивний опис явища. Асоціації, що у цей час виникають, допомагають учню знайти шляхи виходу із ситуації, що склалася.

6. Особливу увагу треба звернути на формування операціонально-технічної компоненти специфічно-перцептивних видів навчальної діяльності дитини з використанням засобів ІКТ. Актуальним тут є динаміка формування смислових відношень, що пов'язують перцептивні дії дитини під час використання засобів ІКТ з діяльністю, у контексті якої вони здійснюються, враховуючи обмежену множину цієї діяльності, що пов'язано з розумовим віком дитини.

При будь-якій організації навчального середовища, тобто середовища, у якому відбувається навчальна діяльність дитини, використання в ньому програмно-апаратних засобів потребує формування у дитини специфічних структур діяльності, котрі «нав'язуються» цими засобами. Мова йде не про змістове наповнення навчального курсу, що подається з використанням засобів ІКТ, а про діяльнісну складову на рівні управління цим засобом.

Операції із засобом ІКТ пов'язані з прийняттям рішення про подальшу діяльність, тобто, з плануванням дій, спрямованих на використання засобу ІКТ, на підставі аналізу ситуації, що сформована низкою попередніх дій, і того представлення щодо результату наступних дій, яке виступає як поведінка, що спрямована на реалізацію мети як «образу майбутнього» в самому матеріалі діяльності дитини.

Під час використання в навчальній діяльності засобу ІКТ ця діяльність багато в чому обумовлена специфікою апаратно-програмного комплексу, активне використання якого може здійснюватись тільки в діалоговому режимі. Тут важливим є питання про необхідну і достатню «глибину» аналізу дитиною низки попередніх дій, що привели навчальне середовище «дитина – комп'ютер» до того стану, який має аналізувати дитина, і визначення кількості «кроків», яку вона повинна «пройти» до реалізації «образу майбутнього» на екрані комп'ютера. Ці питання пов'язані, з одного боку, з цілепокладанням проєктантів й організаторів навчального процесу, з іншого – з рівнем розумового розвитку дитини, тобто потребують комплексного психолого-педагогічного дослідження.

Як показують педагогічні спостереження, ступінь активності дитини під час використання засобу ІКТ деякою мірою може характеризуватися взаємовідносинами, що встановлюються у навчальному середовищі «дитина – комп'ютер» у разі вирішення питання «ведений – ведучий» у кожній конкретній ситуації. Зрозуміло, що нижчий рівень активності учня притаманний ситуації, коли ведучим виступає комп'ютер (точніше, те програмне середовище, яким оперує дитина), ведений – учень. Такий рівень характерний для ігрової ситуації, організованої у відповідному програмному середовищі. Перехід засобу ІКТ від рівня «іграшки» до рівня засобу навчальної діяльності визначає якісний ступінь у застосуванні засобу. Тут постає питання про місце, яке організатори навчального процесу відводять засобу ІКТ у цьому процесі.

7. Існує велика кількість педагогічних програмних засобів (ППЗ), які зводять засіб ІКТ до рівня джерела навчальної інформації, яка візуалізована на екрані комп'ютера або подана його аудіозасобами. Активність дитини у цих ППЗ визначається її реагуванням на питання, що закладені проєктантами відповідного засобу. За такого підходу «ведучим» виступає програмний засіб, «глибина пророблення», тобто ретроспективного аналізу дитиною попередніх дій, майже не потрібна, побудова «попереднього плану дій», обмежена одним «кроком». Така ситуація характерна саме для гри, наразі цьому «правила гри» встановлюються розробниками ППЗ, і є однаковими для всіх користувачів. Питання диференціації тут вирішуються на рівні терміну засвоєння навчального матеріалу, кількістю циклів використання ППЗ або його фрагментів, характером «точок входження» користувача до різних фрагментів ППЗ. Саме такі ППЗ можуть бути використані у навчально-виховному процесі дошкільних навчально-виховних закладів і початкової школи. Але використання і таких програмних засобів матиме деякі межі, буде змістовно обгрунтовано.

Якщо у старшому шкільному віці здійснення діяльності (цілепокладання, добір засобів, виконання дій, аналіз результатів і т. ін.), зокрема у середовищі «учень – комп’ютер», спирається на достатньо сформовані розумові якості особистості, то у молодшому шкільному віці до недоліків зазначеного підходу можна віднести відсутність можливості використання подібних засобів ІКТ для формування у дитини навичок ретроспективного аналізу власних дій, планування подальшої діяльності тобто тих компонентів, без яких неможливо формування продуктивного мислення. Попри це, «малий» компонент самостійності, що притаманний такому підходу, може закріпити у дитини роль веденого у середовищі «людина – комп’ютер», що ніяк не відповідає цілям формування творчої особистості, яка у своїй майбутній діяльності в умовах інформатизованого суспільства має активно залучати засоби ІКТ для досягнення власних цілей.



Рис. 2.3. Фактори ефективності навчальної/учбової діяльності в комп’ютерно орієнтованому навчальному середовищі

Тут окреслено далеко не всі питання, що виникають під час аналізу означеної проблеми, але вивчення цих питань надасть можливість наблизитися до розуміння впливу використання засобів ІКТ на розвиток школярів, на формування потрібних, заздалегідь сформульованих і визначених психологічних властивостей дитини. Це, у свою чергу, надасть можливості прогнозувати результати цього впливу, формувати спектр позитивних педагогічних дій під час реалізації навчально-виховного процесу з використанням засобів ІКТ. Ці питання пов’язані, у першу чергу, з кінцевими цілями навчально-виховного процесу, а не з проблемою використання у цьому процесі того чи іншого апаратного і програмного забезпечення засобів ІКТ.

2.2. Концептуальна модель полікомпонентного навчального середовища на базі кабінету-лабораторії фізики

Формування в учнів уявлень про метод природничонаукового пізнання на базі досвіду діяльності з його засвоєння в комп'ютерно орієнтованому навчальному середовищі ґрунтується на:

1) створенні оптимальних умов для реалізації діяльнісного підходу до процесу навчання;

2) розвитку у школярів умінь проводити спостереження природних явищ, опосередкованих комп'ютерними технологіями;

3) використанні цифрових вимірювальних приладів для вивчення фізичних явищ;

4) поданні результати спостережень або вимірювань за допомогою таблиць і графіків, у побудові й обробці яких використовуються АПЗ;

5) інтерпретації «екранних подій» і виявленні на цій основі емпіричних залежностей;

6) описуванні й узагальненні результатів спостережень і вимірювань, застосуванні отриманих знань для пояснення різноманітних природних явищ і процесів, принципів дії найважливіших технічних пристроїв.

У сучасній школі в результаті несистемної комплектації обладнання фізичних кабінетів-лабораторій має місце стихійна реалізація принципу варіативного підходу до організації навчального фізичного експерименту. Це виражається у використанні вчителем доступних засобів навчальної діяльності незалежно від аналізу педагогічної доцільності їх використання.

Так, наявність у кабінеті персональних комп'ютерів дозволяє використовувати наявні педагогічні програмні засоби навіть у тому випадку, коли цілком можливо організувати навчальні дослідження в предметно-просторовому середовищі. Попри це у більшості випадків навчальні дослідження проводяться у формі демонстрації з використанням мультимедійних технологій. Природно, що за такого підходу до виконання навчального дослідження відбувається «перекіс» у бік «споживчого» ставлення з боку учня до навчальної діяльності. Формально робота виконана, однак результативність такої роботи видається сумнівною з точки зору превалювання репродуктивної діяльності учня на більшості етапів дослідження.

Традиційним видом структуризації навчального середовища на базі кабінету-лабораторії фізики середньої загальноосвітньої школи є подання його структури у вигляді списків обладнання, згрупованих за темами предметної галузі, що вивчається. Однак такий підхід з точки зору сучасних діялісно орієнтованих педагогічних технологій не забезпечує цілісного уявлення про предметне й інформаційне наповнення навчальної й учбової діяльності, не сприяє оптимальному плануванню педагогічного процесу з погляду організації поведінки суб'єкта навчання у різних типах навчальних середовищ. Накопичений досвід застосування в навчальному процесі засобів інформаційно-

комунікаційних технологій свідчить про те, що навчальна діяльність учня нині розгортається саме в різних навчальних середовищах: предметно-просторовому, предметно-інформаційному, інфокомунікативному (рис. 2.4).



Рис. 2.4. Модель полікомпонентного навчального середовища на базі кабінету-лабораторії фізики загальноосвітнього навчального закладу

Отже, суттєвим результатом інформатизації навчально-виховного процесу став той факт, що навчально-пізнавальна діяльність учня середньої школи розгортається у різних типах навчальних середовищ: предметно-просторовому, предметно-інформаційному, інфокомунікативному. З іншого боку, профілізація старшої школи формує проблему створення для них відповідних навчальних середовищ. Для забезпечення продуктивності навчального процесу в умовах альтернативної освіти доцільним є створення полікомпонентного навчального середовища, яке може бути адаптованим до освітніх потреб профільної школи.

Однією з проблем дослідження, яке виконано протягом 2009–2011 років у межах науково-дослідної роботи «Науково-методичні засади застосування комп'ютерно орієнтованих засобів у навчанні предметів природничого циклу в профільній школі», був вибір критеріїв для оцінювання й порівняння різних типів навчальних середовищ. Вибір критеріїв для оцінювання й порівняння названих типів навчальних середовищ є однією з проблем нового підходу до методично обґрунтованого матеріального забезпечення навчальних досліджень з предметів природничо-математичного циклу середньої школи, у цій галузі поки бракує наукових напрацювань, педагогічна ефективність яких була б перевірена часом.

Під предметно-просторовим навчальним середовищем розуміється таке навчальне середовище, у якому в процесі виконання навчального дослідження учень безпосередньо оперує з матеріальними предметами, які необхідні для виконання лабораторної роботи, і знаходяться у середовищі, склад і

структура якого може бути перетворена безпосередньо суб'єктом діяльності без використання проміжних агентів.

До множини предметно-інформаційних навчальних середовищ можна віднести комп'ютерно орієнтовані навчальні дослідження певного рівня автоматизації, але у випадку, коли в процесі виконання лабораторної роботи суб'єкт навчальної діяльності має змогу безпосередньо, без проміжних агентів, втручатися в хід виконання роботи.

Інфокомунікативне навчальне середовище характеризується превалюванням навчальної діяльності суб'єкта навчання в інформаційно-комунікаційному просторі, який дозволяє виконувати навчальні дослідження у «віртуальному просторі» або з використанням лабораторій віддаленого доступу. Пошук і відбір інформаційних ресурсів навчальної діяльності здійснюється учнем самостійно або за методичної підтримки вчителя.

Прикладом інфокомунікаційного середовища є ППЗ «Віртуальна фізична лабораторія з вивчення властивостей рідких кристалів», розроблений у Кіровоградському державному педагогічному університеті імені Володимира Винниченка під керівництвом С. П. Величка (рис. 2.5).

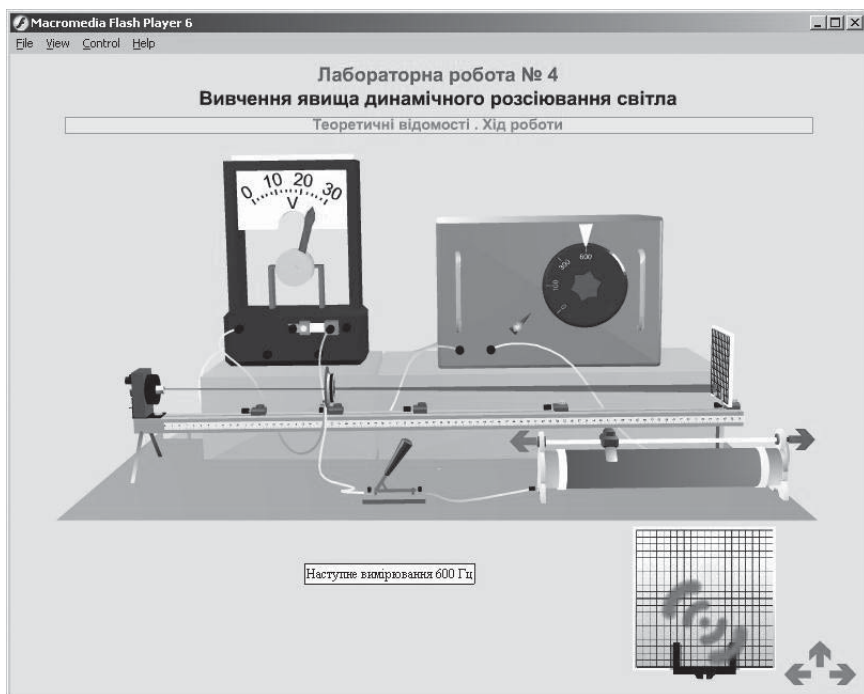


Рис. 2.5. Екранне відображення фрагменту дослідження явища динамічного розсіювання світла

Характерним для названих навчальних середовищ є те, що у кожному з них формуються різні логіко-стильові особливості пізнавальної діяльності на основі досвіду, який набуває учень у процесі власної продуктивної діяльності. Це пов'язано, у першу чергу, зі специфікою засобів діяльності, які використовує учень у різних навчальних середовищах для досягнення встановлених цілей діяльності. Водночас, як показують наші дослідження, зберігаються змістовно-діяльнісні зв'язки у поводженні суб'єкта навчання під час переходу з одного типу навчального середовища до іншого типу навчального середовища (рис. 2.6).

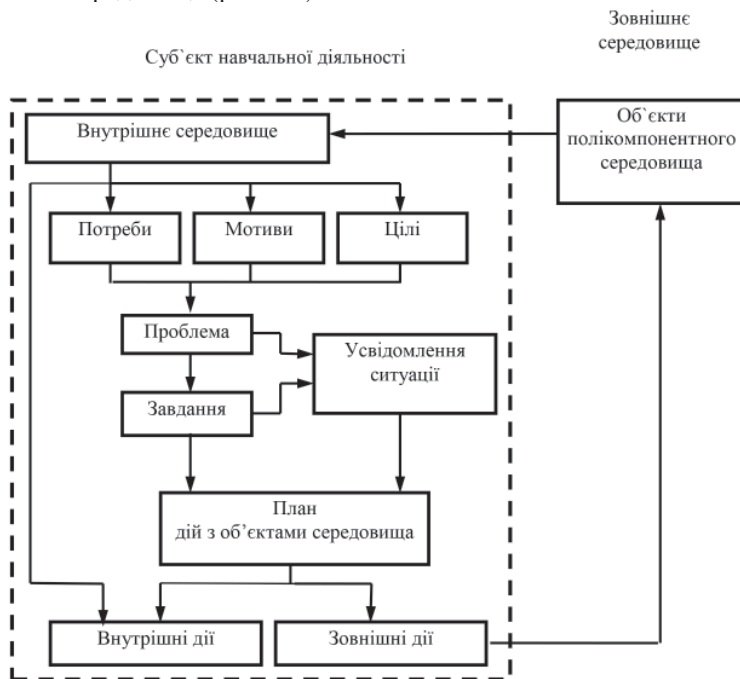


Рис. 2.6. Узагальнена модель формування плану дій у процесі навчальної діяльності з об'єктами полікомпонентного середовища

Так, у предметно-просторовому навчальному середовищі учень оперує з матеріальними атрибутами фізичної реальності, за якими закріпилася назва «традиційні» засоби навчання. У процесі їх використання учень самостійно визначає логіку власних дій із засобом-предметом, враховуючи наразі специфіку способів дії, якщо цей предмет-засіб створено з певною метою (наприклад, вимірювальний засіб).

У міру переходу від предметно-просторового до інфокомунікативного навчального середовища відбувається: зміна характеристик навчального

середовища, розширення «поля» діяльності суб'єкта навчання, зміна характеристик навчальної діяльності, зміна способів поведінки суб'єкта навчання, модифікація системи навчальних цілей, модифікація методики навчання.

Нову якість розгляду поняття «навчальне середовище» надає проміжний рівень (предметно-інформаційне навчальне середовище), що виконує функції інтеграції «стандартних» підходів (предметно-просторове навчальне середовище) до виконання навчальних досліджень в інфокомунікативному навчальному середовищі.

На рис. 2.7 показано приклад адаптації полікомпонентного навчального середовища, створеного на базі кабінету-лабораторії фізики з урахуванням напрямків профілізації навчального закладу.



a)



б)

Рис. 2.7. Приклади моделей полікомпонентного навчального середовища

Тут показано, що у випадку моделі *а*) складові предметно-інформаційного навчального середовища можуть використовуватися частково, або не використовуватися взагалі. Варіативність складу предметного і програмного оснащення в предметно-просторовому й інфокомунікативному навчальних середовищах визначається переліком навчальних досліджень, вимогами до глибини розкриття фізичних явищ і процесів, цілями навчання, методиками проведення навчальних досліджень.

Інформаційно-комунікаційний простір можна розглядати як агреговану сукупність підпросторів комп'ютерних інформаційних мереж, орієнтованих на різні категорії користувачів. Така орієнтованість визначається тим, що розвиток інформаційно-комунікаційного простору детермінується цілями тих, хто його формує. З іншого боку, спостерігається поступова сегментація простору відповідно до потреб користувача. Саме такий двосторонній підхід до формування інформаційного ресурсу інформаційно-комунікаційного простору дозволяє одночасно існувати в ньому сегментам, які на різному рівні перетинаються у змістовому плані, але надають можливості користувачеві створювати власне інформаційне середовище відповідно до особистісних потреб.

Отже, закладена в інформаційно-комунікаційному просторі інтелектуальна інформація може бути подана як «глобальна» неструктурована енциклопедія, доступність до частин якої надає можливості формувати предметно-спрямовану галузь знання на підставі цілеспрямованих запитів користувача. Якщо пошук інформації здійснюється користувачем інфокомунікаційного простору цілеспрямовано, можна казати, що ця інформація, відносно індивідуума, виступає як основа його майбутнього особистісного знання, а сформоване ним інформаційне середовище може бути подане як когнітивне середовище, що поєднує у собі змістовий і діяльнісний компоненти.

Виділення інформаційного середовища як сегмента інформаційного освітнього простору викликає необхідність виділення інформаційної діяльності як самостійного виду діяльності. Діяльність в інфокомунікаційному просторі має не тільки прикладний характер, тобто виступає як умова успішності навчальної й наукової діяльності, але і самостійне значення – розвиває певні особистісні якості, вимагає від учнів специфічних знань, умінь, навичок, компетенцій.

Аналіз складових, структури і динаміки функціонування сучасних дидактично орієнтованих (навчальних) середовищ показує, що у процесі їх створення відбувається поступове перенесення особливостей традиційних освітніх технологій в інфокомунікаційний простір із приєднанням необхідних технологічних компонентів.

Структура навчального середовища на базі полікомпонентної системи засобів навчання, має відповідати принципам відбору об'єктів і засобів матеріально-технічного забезпечення для середньої школи, забезпечувати повноту системи устаткування щодо експериментальної частини навчальних програм

МОНМС України і вимог до учнів, зафіксованих в освітньому стандарті, наступність систем устаткування між щаблями й рівнями шкільної освіти з орієнтацією на матеріально-технічне переоснащення загальноосвітніх навчальних закладів з урахуванням умов інформаційного суспільства.

У більшості випадків інформатизація навчальних досліджень у середній школі має прояв у запровадженні комп'ютерно орієнтованих вимірювальних систем, які дозволяють підняти якість навчання природничо-математичних дисциплін у середній школі до сучасного рівня, для якого характерним є широке використання цифрових засобів вимірювання. Названі вимірювальні системи містять у собі необхідну для навчальних досліджень систему датчиків, аналого-цифрових перетворювачів і відповідне програмне забезпечення, яке дозволяє оперативно опрацьовувати, унаочнювати та зберігати результати навчального дослідження.

В Україні перші дослідження використання комп'ютерно орієнтованих систем у процесі вивчення фізики у середній школі було проведено О. М. Желюком⁷⁵. На рис. 2.8 і 2.9 наведено установку для дослідження зміни температури парафіну під час нагрівання й охолодження та відображення результату дослідження на екрані комп'ютера (1994 р.). Такий підхід до організації навчальних досліджень є прикладом навчальної дослідницької діяльності учня у предметно-інформаційному середовищі.

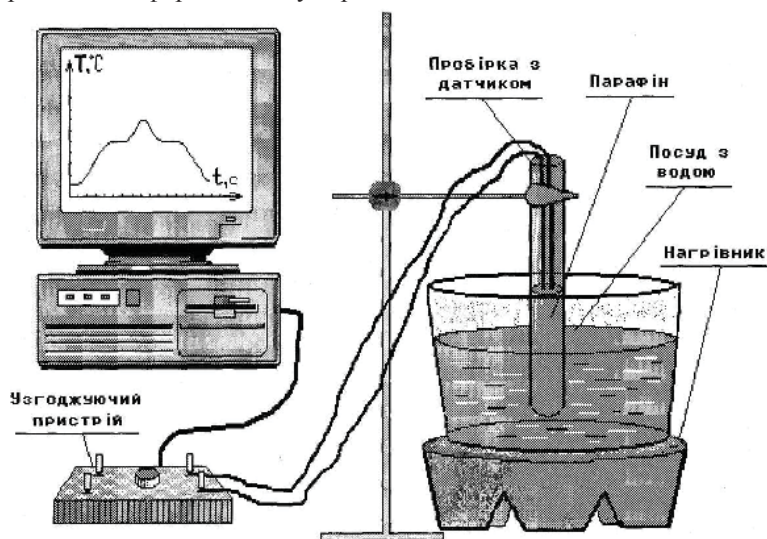


Рис. 2.8.. Установка для дослідження зміни температури парафіну під час нагрівання й охолодження (О. М. Желюк)

⁷⁵ Желюк О. М. Комп'ютерна техніка в навчальному курсі фізики: теорія і практика. – Рівне, 1994. – 109 с.

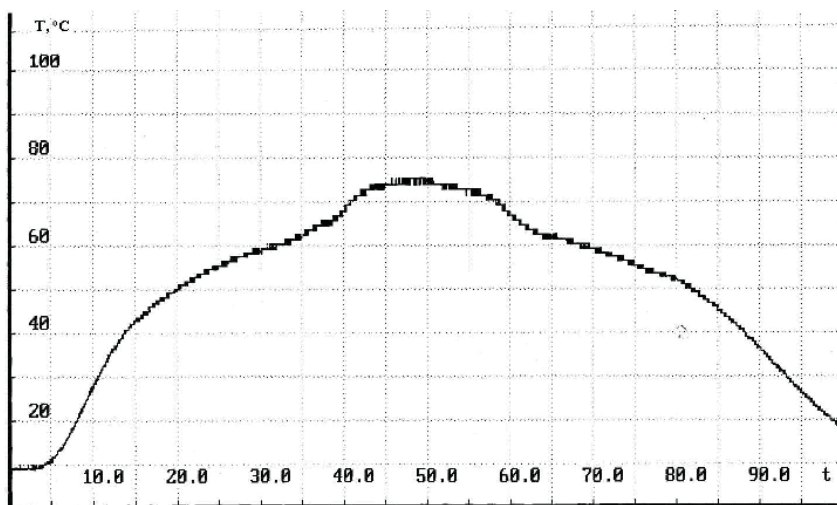


Рис. 2.9. Графічне відображення на екрані комп'ютера зміни температури парафіну під час плавлення і кристалізації (О. М. Желюк)

Нині комп'ютерно орієнтовані вимірювальні системи на базі цифрових технологій дозволяють учневі достатньо швидко збирати різні, навіть достатньо складні, установки, проводити експериментальні дослідження, отримувати з них кількісні дані, обробляти їх і робити висновки відносно кількісних закономірностей, які раніше були приховані для учнів (рис. 2.10).

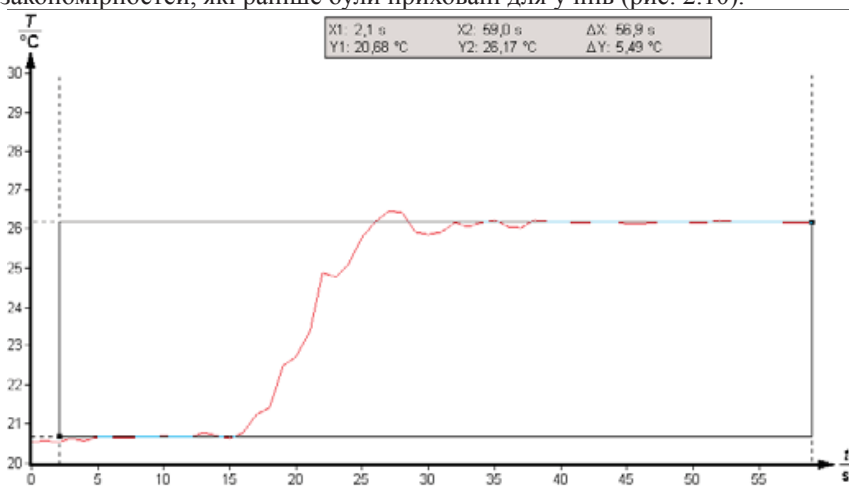


Рис. 2.10. Відображення на екрані комп'ютера зміни температури в калориметрі для бронзового зразка і води (Phywe, 2010 р.).

Зовнішній вид експериментальної установки, яка використовується для визначення теплоємності металу (у даному випадку бронзового зразка) показана на рис. 2.11. На рис. 2.12 показано інтерфейс «Параметри вимірювання», використання якого дозволяє користувачу визначати числені параметри досліджуваного процесу.

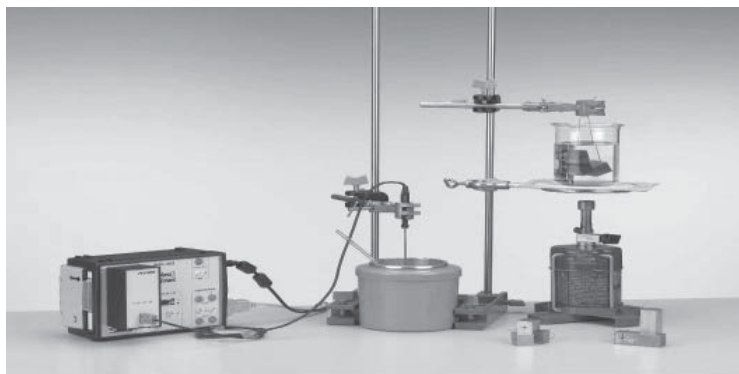


Рис. 2.11. Зовнішній вигляд експериментальної установки дослідження теплоємності (Phywe, 2010 р.).

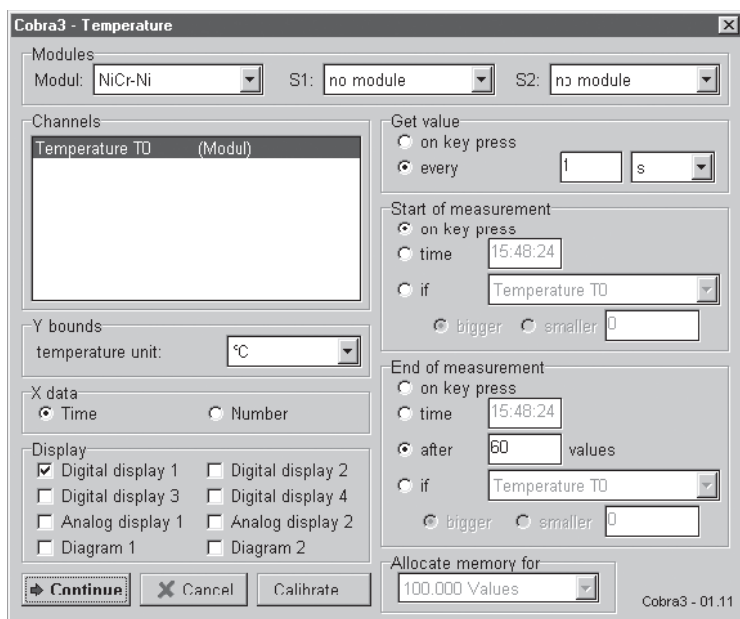


Рис. 2.12. Інтерфейс «Параметри виміру» предметно-інформаційного середовища «Дослідження теплоємності металів» (Phywe, 2010 р.)

Під час проведення стаціонарних вимірювань, які характерні для навчальних досліджень, цифрові датчики нового покоління дозволяють використовувати як засіб відображення результатів вимірювання універсальні цифрові вимірники. У системі засобів навчальної діяльності може бути реалізована можливість дублювання учнем демонстраційних навчальних експериментів на лабораторному оснащенні з аналогічними параметрами.

Характерною ознакою такого підходу є те, що, не залежно від типу навчального середовища, засоби навчання, які використовуються як засоби навчальної діяльності в процесі виконання навчального дослідження, мають відповідати:

- 1) змісту освіти;
- 2) завданням навчальної програми;
- 3) принципам наочності й доступності;
- 4) формуванню стійкого інтересу до предмета навчання;
- 5) сучасним методам і технологіям навчання;
- 6) дидактичним і методичним завданням, які розв'язуються в процесі навчання;
- 7) пізнавальним і фізіологічним можливостям учнів;
- 8) сучасному науковому, технічному та технологічному рівням;
- 9) раціональності використання навчального часу під час постановки і проведенні експерименту;
- 10) можливості управління навчальною діяльністю учнів.

Щодо узагальнених технічних вимог кожен засіб навчання повинен мати такі властивості:

- 1) універсальність (можливість використання під час вивчення різних розділів, тем навчального курсу);
- 2) забезпечувати безпеку роботи з обладнанням;
- 3) експлуатаційну надійність;
- 4) простоту і зручність використання;
- 5) простоту і зручність налагодження;
- 6) оперативність і мобільність застосування;
- 7) можливість використання в комплексі з обладнанням навчального кабінету;
- 8) відповідати санітарно-гігієнічним вимогам;
- 9) бути простим за конструкцією;
- 10) ремонтоздатність.

Процес прийняття рішення щодо вибору типу навчального середовища, у якому має бути здійснене навчальне дослідження, показано на рис. 2.13.

З іншого боку, учитель, на підставі аналізу педагогічного завдання, має прийняти рішення щодо доцільності організації навчального дослідження, до якого, як уже було зазначено, ми відносимо і процес розв'язування навчальної задачі дослідницького характеру (рис. 2.14).

Здійснення навчальних досліджень з використанням засобів ІКТ сприяє формуванню в учнів правильних уявлень щодо сучасної методології наукового пізнання, закладає підвалини формування предметної ІКТ-компетентності. Досягнення предметних, метапредметних та особистісних результатів освоєння програми з природничо-математичних дисциплін неможливе без комплексного використання у навчальному процесі всієї сукупності існуючих засобів навчання – як таких, які відносять до традиційних (у предметно-просторовому середовищі), так і функціонуючих на базі цифрових технологій (у предметно-інформаційному й інфокомунікаційному середовищах).

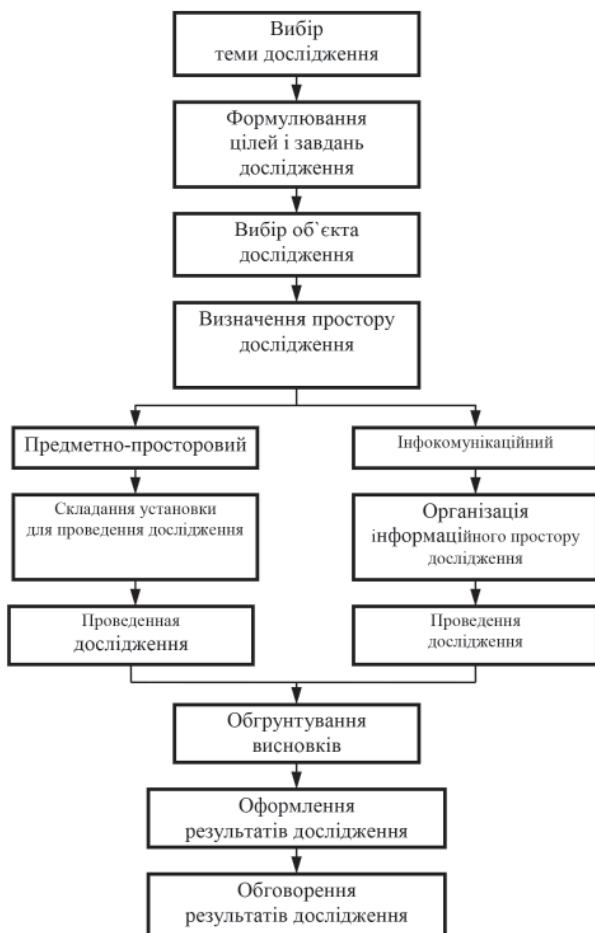


Рис. 2.13. Послідовність виконання самостійних навчальних досліджень в полікомпонентному навчальному середовищі

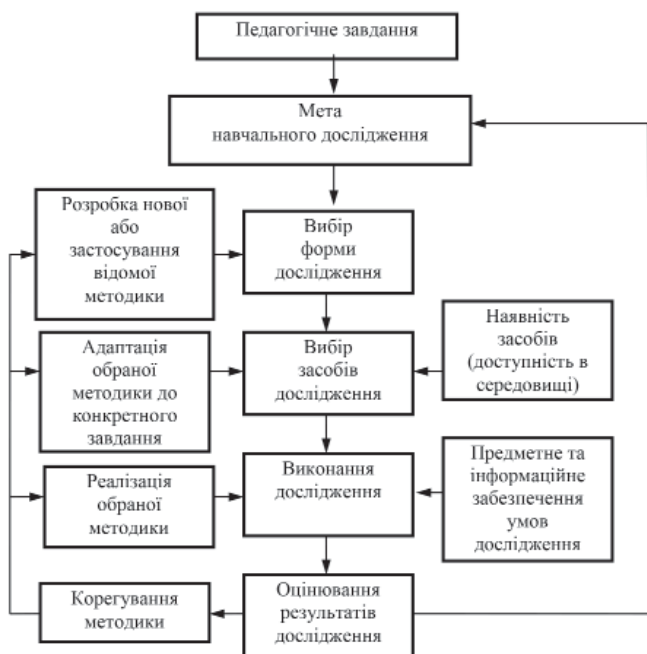


Рис. 2.14. Основні етапи організації самостійного навчального дослідження в полікомпонентному навчальному середовищі

Тут треба зазначити, що на думку більшості дослідників, під час організації у школі експериментальних робіт з фізики найважливішою метою є навчання етапам проведення роботи, процедурам на окремих етапах здійснення навчальної діяльності. Зокрема, процес заповнення таблиць є процедурою, яку учень має вміти виконувати, і тому вона не повинна бути повністю автоматизована у всіх роботах практикуму⁷⁶.

2.3. Експериментальна діяльність учнів у полікомпонентному навчальному середовищі в процесі виконання лабораторних робіт із фізики

У результаті інформатизації освіти змінюються не тільки складові, а й структура навчального середовища кабінетів і лабораторій, у яких здійснюється навчально-виховний процес загальноосвітнього навчального закладу, посилюється вплив інформаційно-комунікаційних технологій на процес і результати навчання і виховання. У першу чергу, це стосується предметів природничо-математичного циклу, вивчення яких у середній школі формує в

⁷⁶ Ханнанов Н. К., Жилин Д. М., Хоменко С. В., Цуцких А. Ю., Сазонов М. М., Поваляев О. А. Проблемы создания школьного компьютеризированного практикума по физике и возможные пути их решения // Физическое образование в вузах. – 2009. – Т. 15. – №1.

учнів основи розуміння особливостей сучасних технологій, навички продуктивної поведінки у технологічному й інформаційному суспільстві.

У міру зміни структури навчального середовища, у першу чергу, його технологічного ускладнення за рахунок ускладнення обладнання, необхідного для виконання лабораторних робіт дослідницького характеру, використання учнем засобів ІКТ у процесі самостійної навчальної діяльності ускладнюється система дій, якою має оволодіти учень для реалізації продуктивної навчальної діяльності. На рис. 2.15 показано структуру організації виконання лабораторної роботи дослідницького характеру з фізики у предметно-просторовому навчальному середовищі з використанням стандартного лабораторного обладнання й устаткування.



1

Рис. 2.15. Організація самостійних навчальних досліджень у предметно-просторовому навчальному середовищі

Структурна модель виконання самостійного навчального дослідження в предметно-інформаційному навчальному середовищі показана на рис. 2.16. Використання засобів ІКТ частково змінює структуру навчальної діяльності в процесі виконання лабораторної роботи.



Рис. 2.16. Організація самостійних навчальних досліджень у предметно-інформаційному навчальному середовищі

У випадку виконання дослідження в інформаційно-комунікаційному навчальному середовищі структура діяльності показана на рис. 2.17.



Рис. 2.17. Організація самостійних навчальних досліджень в інформаційно-комунікаційному навчальному середовищі

Місце приладів займає засіб ІКТ, тобто апаратно-програмний комплекс, у якому відбувається навчальна діяльність. Наразі логіка діяльності й перерозподіл функцій між учасниками навчального процесу майже не змінюється. Водночас діяльність учня змінюється більш суттєво, як це показано на рис. 2.18 (предметно-просторове середовище), рис. 2.19 (предметно-інформаційне середовище) та рис. 2.20 (інформаційно-комунікаційне середовище).



Рис. 2.18. Основні етапи діяльності учня у процесі самостійного навчального дослідження у предметно-просторовому середовищі

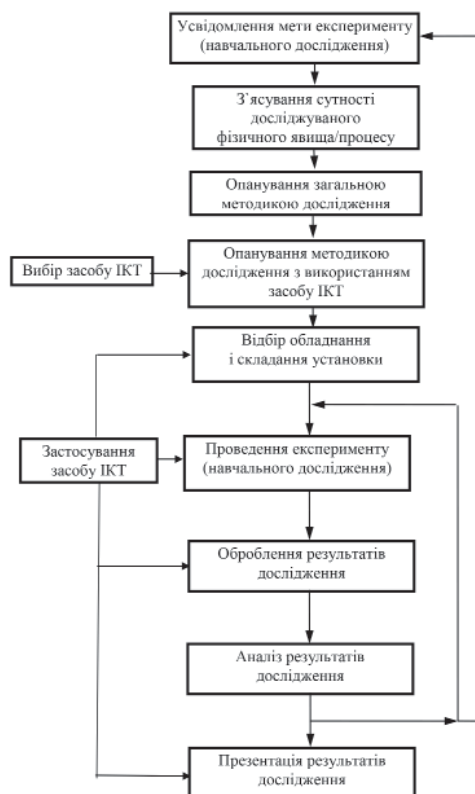


Рис. 2.19. Основні етапи діяльності учня у процесі самостійного навчального дослідження у предметно-інформаційному середовищі

Порівняння наведених на рисунках структур дає змогу чіткіше уявити відмінність між навчальним процесом, який відбувається у предметно-просторовому середовищі, і навчальним процесом, побудованим на активному використанні засобів ІКТ (предметно-інформаційне й інфокомунікаційне середовище). Найбільш характерним є перекладення на засоби ІКТ частини діяльності щодо розрахунків результатів дослідження і їх графічного відображення (комп'ютерної презентації). Особливості такої організації навчального процесу з фізики повніше розкриваються нижче.

Аналіз літератури дає підстави стверджувати, що ця система дій за складом може бути віднесена до загальнонавчальних універсальних дій. Правильна організація педагогічної технології з формування загальнонавчальних універсальних дій у процесі виконання лабораторних робіт з фізики може бути реалізована за наявності технології постійного відстеження результативності процесу формування.



Рис. 2.20. Основні етапи діяльності учня у процесі самостійного навчального дослідження в інформаційно-комунікаційному середовищі

У контексті викладеного проблему дослідження можна сформулювати у такий спосіб: як оцінювати зміни структури навчальних дій учнів у системі «учень – предметно-інформаційне середовище»? Діагностика формування структури навчальних дій учнів розуміється як педагогічна технологія оцінювання рівня якості продуктивної навчальної діяльності, розроблена на основі комплексного підходу, що дає змогу оцінювати зміни в структурі навчальної діяльності учнів у системі «учень – предметно-інформаційне середовище». Комплексність підходу визначається реалізацією в процесі дослідження водночас декількох методів діагностики:

- 1) педагогічне спостереження за навчальною діяльністю учнів у процесі виконання лабораторних робіт дослідницького характеру;
- 2) тестування з метою визначення рівня навчальних досягнень учнів із теми, у межах якої виконується лабораторна робота;

3) анкетування учнів із метою визначення особистісного ставлення до різних методів (шляхів), які забезпечують досягнення мети лабораторної роботи.

Спеціально організовані емпіричні дослідження надали змоги визначити взаємозв'язок між результатами навчальних досягнень учнів і навчальним середовищем, у якому вони виконували навчальні дослідження (рис. 2.21–2.23).

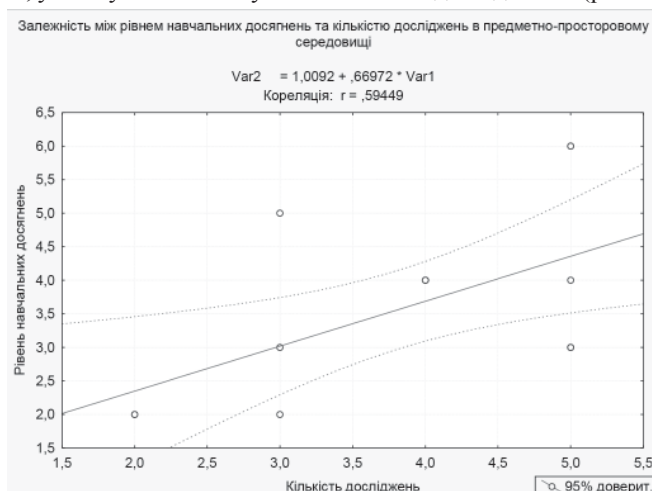


Рис. 2.21. Залежність між рівнем навчальних досягнень і кількістю досліджень у предметно-просторовому середовищі

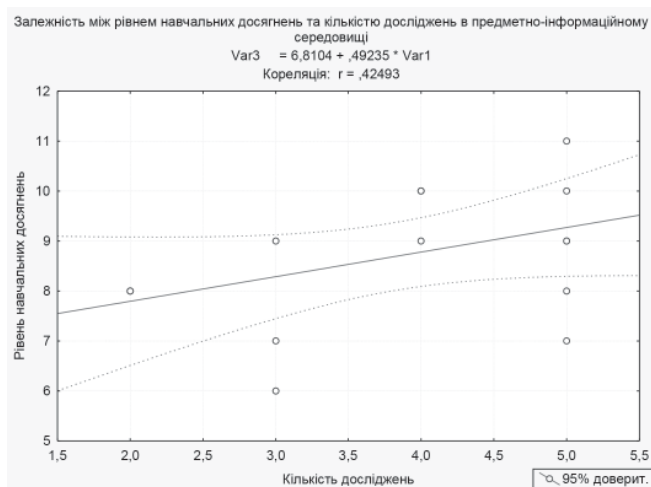


Рис. 2.22. Залежність між рівнем навчальних досягнень і кількістю досліджень у предметно-інформаційному середовищі

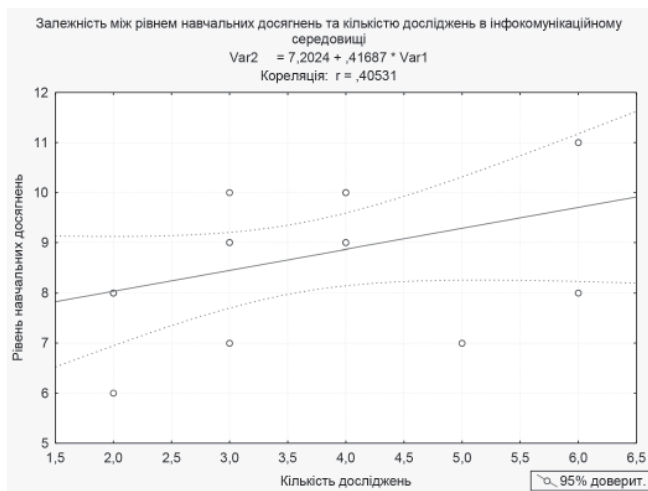


Рис. 2.23. Залежність між рівнем навчальних досягнень і кількістю досліджень в інформаційно-комунікаційному середовищі

Отже, інтеграція описового і кваліметричного підходів надає можливість більш детально розглянути особливості формування структури навчальної діяльності учнів, урахувати особистісні характеристики учнів, особливості різних лабораторних робіт, властивості навчального середовища в процесі аналізу й інтерпретації результатів спостереження.

Авторська методика оцінювання змін у сформованій структурі навчальних дій учнів, що ґрунтується на кваліметричному підході, яка складається з декількох етапів, дає змогу виявити недоліки і прогалини в різних видах продуктивної навчальної діяльності, необхідної для виконання лабораторних робіт дослідницького характеру з фізики на відповідних рівнях засвоєння навчального матеріалу. Наведена методика оцінювання реалізована як педагогічний контроль, тобто як складова педагогічної діагностики, що виконує достатньо вузьку функцію – науково обґрунтовану перевірку результатів навчання з фізики.

Як основні функції педагогічного контролю більшість авторів називають контролюючу і діагностичну. Створення нових форм, методів і технологій педагогічного контролю має ґрунтуватися на загальнодидактичних принципах – основних вимогах, якими керуються вчителі у своїй діяльності. У дослідженнях В. С. Аванесова, В. П. Беспалько, Г. А. Ключової, О. І. Ляшенка, Т. О. Лукіної, Є. А. Михайлічева, І. П. Подласого, М. М. Скаткіна, Н. Ф. Талізної, М. Б. Челишкової та ін. розглядаються проблеми педагогічного контролю, його основні функції, дидактичні принципи, переваги і недоліки різних його видів і форм, педагогічні аспекти оцінювання знань учнів.

Як показує аналіз науково-педагогічної літератури, основними принципами педагогічного контролю є об'єктивність, систематичність, всебічність, науковість й ефективність. Крім перелічених вище виокремлюють принцип ієрархічної організації (ранжування змісту контролю досліджуваного матеріалу за ступенем важливості) і принцип диференційованості контролю з урахуванням індивідуально-особистісних особливостей суб'єктів навчання.

Під терміном «показник рівня оволодіння структурою навчальних дій» ми розуміємо критерій оцінювання рівня якості структури дій, що надає можливості відстежити динаміку її формування і дає можливість визначати в ній кількісні зміни на рівнях оволодіння структурою навчальних дій, що відповідають меті навчальної діяльності.

Навчальні дії – конкретні способи перетворення навчального матеріалу в процесі виконання навчальних завдань. Навчальні дії завжди пов'язані зі змістом навчальних задач, що розв'язуються. Як показав П. Я. Гальперін⁷⁷, оцінюються такі характеристики навчальних дій, як ступінь самостійності учня в їх застосуванні, міра засвоєння, узагальненість, розумність, усвідомленість, критичність, тимчасові показники виконання.

Функціональний аналіз діяльності, запропонований П. Я. Гальперіном, спрямований на орієнтовну, контрольну і виконавчу частини дії, враховує: в орієнтовній частині – наявність орієнтування, характер орієнтування, розмір кроку орієнтування, характер співробітництва; у виконавчій частині – ступінь довільності, характер співробітництва; у контрольній частині – ступінь довільності контролю, характер контролю, характер співробітництва. Структурний аналіз діяльності дає змогу виокремити такі компоненти: прийняття завдання, план виконання, контроль і корекція, міра поділу дії, темп і ритм виконання та індивідуальні особливості.

Згідно із сучасними уявленнями, загальнонавчальні універсальні дії включають:

- 1) самостійне виокремлення і формулювання пізнавальної мети;
- 2) пошук і виокремлення необхідної інформації;
- 3) застосування методів інформаційного пошуку, у тому числі за допомогою комп'ютерних засобів;
- 4) структурування знань;
- 5) вибір найефективніших способів розв'язування задач залежно від конкретних умов;
- 6) рефлексію способів і умов дії, контроль й оцінювання процесу і результатів діяльності.

Виконання навчального дослідження, тобто навчального експерименту, який сформовано як лабораторна робота, серед багатьох інших педагогічних цілей, має на меті закріплення теоретичного матеріалу в пам'яті учня,

⁷⁷ Гальперін П. Я. *Основные результаты исследований по проблеме «Формирование умственных действий и понятий»* / П. Я. Гальперин. – М. : Издательство МГУ, 1965. – 49 с.

що, як показують дослідження, залежить від способу діяльності. Так, аналіз досліджень П. І. Зінченко⁷⁸ і А. О. Смірнова⁷⁹ показав, що збереження матеріалу в пам'яті залежить від способів розумової роботи з матеріалом у запам'ятовуванні. Чим більш змістовні зв'язки розкриваються в матеріалі за допомогою того або іншого способу діяльності, тим продуктивніше виявляється запам'ятовування й ефективніше збереження. У роботі досліджувалась продуктивність запам'ятовування залежно від способів роботи з матеріалом, незалежно від змісту цих способів (тобто сам процес мислення, використовувани розумові операції й т. ін.), а впливу зовнішніх форм реалізації цих способів (наприклад, складання плану тексту, використання готового плану та ін.).

Виконання лабораторної роботи виступає як специфічна діяльність, орієнтовна частина якої опирається на знання процедури виконання певної низки дій, наведених в інструкції до лабораторної роботи. Отже, першою умовою продуктивної роботи учня є запам'ятовування ним «алгоритму» діяльності, що пов'язана зі створенням середовища, у якому здійснюватиметься навчальна діяльність.

Отже, перша група питань має на меті визначення рівня опанування учнем процедури підготовки обладнання до виконання роботи: склад обладнання, послідовність виконання дій, описаних в інструкції. Оцінювання у такому разі здійснюється на підставі контент-аналізу відповідей з урахуванням кількості «кроків» діяльності, які згадав учень, і глибини розкриття учнем кожного «кроку» діяльності.

Друга група питань спрямована на визначення рівня опанування учнем теоретичного матеріалу, на підставі якого має бути проведено дослідження. Описовий характер відповідей дає змогу з'ясувати наскільки тісно учень пов'язує предметне середовище (обладнання, необхідне для виконання роботи) з метою досягнення мети дослідження. Наявність у навчальному середовищі дослідження засобів ІКТ формує третю групу питань, метою яких є визначення рівня розуміння учнем можливостей використання названих засобів для досягнення цілей експериментального дослідження.

Відомо, що зв'язки в навчальному матеріалі курсу фізики можуть бути різними: одні з них мають формальний характер, інші – процедурну природу. Найважливішими є змістові зв'язки, тобто ті, що розкривають сутність знання, його підстави, джерела й перспективи розвитку, тобто визначають, чому знання пов'язані. У методичних дослідженнях в основному здійснюється пошук шляхів установлення формальних і процесуальних зв'язків, тобто розглядається логічний аспект навчального матеріалу.

Запропонована методика комплексного оцінювання надає можливість визначити рівень сформованості регулятивних дій, до яких належать:

⁷⁸ Зинченко П. И. *Непроизвольное запоминание* / П. И. Зинченко. – М., 1961. – 562 с.

⁷⁹ Смирнов А. А. *Проблемы психологии памяти* / А. А. Смирнов. – М.: Просвещение, 1966. – 432 с.

1) цілепокладання (постановка навчального завдання на основі співвіднесення того, що вже відомо учневі й засвоєно ним, і того, що ще невідомо);

2) планування (визначення послідовності проміжних цілей з урахуванням кінцевого результату);

3) складання плану і послідовності дій;

4) прогнозування (передбачення результату й рівня засвоєння, його тимчасових характеристик);

5) контроль у формі звірення способу дії і його результату із заданим еталоном з метою виявлення відхилень і відмінностей від еталона;

6) корекція (внесення необхідних доповнень і коректив у план і спосіб дії у разі розбіжності еталона, реальної дії та його продукту);

7) самооцінка (виокремлення й усвідомлення учнем того, що вже засвоєно і що ще підлягає засвоєнню, усвідомлення якості й рівня засвоєння).

Виокремлення системи універсальних регулятивних дій ґрунтується на функціональному й структурному аналізі діяльності, включно з навчальною. Регуляція суб'єктом своєї діяльності припускає довільність. Довільність – уміння діяти за зразком і підпорядкування правилам припускає побудову образу ситуації й способи дії, відбір або конструювання засобу, або правила й дотримання цього правила в процесі діяльності дитини, трансформацію правила у внутрішнє правило, як основу цілеспрямованої дії.

Критеріями сформованості в учня довільної регуляції власної поведінки і діяльності є:

1) здатність обирати засіб (систему засобів) для організації власної діяльності (системи дій);

2) запам'ятовувати й утримувати правило (інструкцію) в часі;

3) планувати, контролювати й виконувати дії за заданим зразком, правилом, з урахуванням норм;

4) передбачати проміжні й кінцеві результати своїх дій, а також можливі помилки;

5) починати й закінчувати дії в потрібний момент.

Як показує аналіз джерел, можна виокремити такі рівні сформованості навчальних дій:

1) відсутність навчальних дій як цілісних «одиниць» діяльності (учень виконує лише окремі операції, може тільки копіювати дії вчителя, не планує й не контролює свої дії, підмінює навчальне завдання завданням буквального завдання й відтворення);

2) виконання навчальних дій у співробітництві з учителем (потрібні роз'яснення для встановлення зв'язку окремих операцій і умов завдання, може виконувати дії за постійним, уже засвоєним алгоритмом);

3) неадекватне перенесення навчальних дій на нові види завдань (у разі зміни умов завдання не може самостійно внести корективи в дії);

4) адекватне перенесення навчальних дій (самостійне виявлення учнем невідповідності між умовами завдання й наявними способами його вирішення й правильна зміна способу в співпраці з учителем);

5) самостійна побудова навчальних цілей (самостійна побудова нових навчальних дій на основі розгорнутого, ретельного аналізу умов завдання й раніше засвоєних способів дій);

6) узагальнення навчальних дій на основі виявлення загальних принципів побудови нових способів дій і виведення нового способу для кожного конкретного завдання;

7) постановка й формулювання проблеми, самостійне створення алгоритмів діяльності під час розв'язання проблем творчого й пошукового характеру.

Є різні підходи до відстеження рівня навчальної діяльності в процесі формування системи навчальних дій. Так, діагностична система оцінювання сформованості навчальної діяльності, яку пропонує А. К. Маркова⁸⁰, включає чотири основні сфери оцінювання.

1. Стан навчального завдання й орієнтовної основи (розуміння учнем завдання, поставленого вчителем, змісту діяльності й активне сприйняття навчального завдання; самостійна постановка учнем навчальних завдань; самостійний вибір орієнтирів дії й побудова орієнтовної основи в новому навчальному матеріалі).

2. Стан навчальних дій (які навчальні дії виконує учень (вимірювання, моделювання, порівняння тощо); у якій формі учень їх виконує (матеріальній/матеріалізованій; голосно-мовній, розумовій); розгорнуто (у повному складі операцій) або згорнуто; самостійно або після спонукань з боку дорослих; чи розрізняє учень спосіб і результат дій; чи володіє учень декількома прийомами досягнення одного результату).

3. Стан самоконтролю й самооцінки (уміння перевіряти себе після закінчення роботи (підсумковий самоконтроль); уміння перевіряти себе всередині й у процесі роботи (покроковий самоконтроль); здатність планувати роботу до її початку (планувальний самоконтроль); рівень адекватності самооцінки учня; рівень доступності учню диференційованої самооцінки окремих фрагментів своєї роботи або він може оцінити свою роботу лише в загальному вигляді).

4. Який результат навчальної діяльності (об'єктивний (правильність розв'язку, кількість дій до результату, часові характеристики дії, можливість розв'язання завдань різного рівня складності); суб'єктивний (значущість, зміст навчальної діяльності для самого учня, суб'єктивна задоволеність, психологічна ціна – затрати часу й сил, внесок особистих зусиль).

⁸⁰ Маркова А.К. *Формирование мотивации учения: книга для учителя / А.К. Маркова.* – М., 1990. – 192 с.

2.4. Екранна візуалізація математичної моделі під час розв'язування навчальних дослідницьких задач з фізики

Однією із складових системи прямих навчальних дій, які довели свою корисність багаторічною практикою використання у навчально-виховному процесі, є навчальна задача, особливостями використання якої, зокрема, у процесі вивчення шкільного курсу фізики, присвячено багато експериментальних досліджень і теоретичних узагальнень⁸¹.

Головним висновком більшості досліджень є те, що на підставі навчальної задачі природно формується проблемна ситуація й ініціюється діяльність учня у напрямі пошуків виходу з неї. Тобто, на підставі визначеної в умові задачі предметної ситуації, суб'єкт діяльності, користуючись відповідними знаннями з предметної галузі, створює стратегію власної діяльності, яка, на його думку, має вивести його зі сформованої проблемної ситуації. Сам процес створення власної стратегії діяльності (розв'язування задачі) є предметом психології, а не методики навчання фізики. Але, з точки зору саме методики навчання, існують позиції, які можна охарактеризувати як генералізовані стратегії, без яких неможливо розглядати процес розв'язування навчальної фізичної задачі.

До першого пункту такої генералізованої стратегії можна віднести роботу з умовою навчальної задачі, яка починається із з'ясування структури задачі. Розуміння особливостей етапу роботи учня із структурою задачі на підставі форми її подання, модель, яка змінює стан досліджуваної системи у процесі втручання дослідника (управління з боку користувача засобом ІКТ), сформована на підставі відомих теоретичних уявлень, що описують розвиток подій у представленій до розгляду системі. Тут розуміється той факт, що екранна подія, за якою спостерігає учень, сформована як графічне відображення предметів діяльності з урахуванням в програмі функціональних зв'язків параметрів досліджуваного фізичного явища. Попередня визначеність математичної моделі визначає дедуктивний підхід до побудови навчального процесу з використанням ППЗ. З іншого боку, отримання реальних значень параметрів фізичної системи у різних її станах (наприклад, через зчитування показів вимірювальних приладів, поданих на екрані комп'ютера) визначає реалізацію індуктивного підходу до вивчення досліджуваного процесу.

Діяльність учня в процесі реалізації обраної ним стратегії розв'язування навчальної задачі, обов'язково знаходиться у полі відомих йому теоретичних представлень, які виражені у доступній для сприйняття і розуміння знаковій формі. У більшості випадків кінцевим результатом розв'язування навчальної фізичної задачі й пов'язаною з цим навчальною діяльністю є, взагалі кажучи, «перетворення» невідомих даних у відомі. Отже, результат розв'язування навчальної задачі можна представити як логічний вислів, який

⁸¹ *Розв'язування задач з фізики / за ред. С.В.Коришака. – К. : Вища школа, 1986. – 309 с.*

записано звичною для учня математичною мовою за допомогою спеціального алфавіту (наприклад, F, a, v, t і т. ін.). Якщо умова задачі подана як графічне відображення певного процесу, то паралельно з вивченням «екранної події» учень має ототожнити подану графічну інформацію з відповідними фізичними термінами й записати їх через деякі літерні позначення, які мають бути елементами майбутнього математичного виразу (математичної моделі). Саме тому, у більшості випадків, кінцевим результатом розв'язування задачі є числовий результат або математичний вираз. Навіть коли форма подання розв'язку безпосередньо не визначається, вона завжди розуміється.

Характерною особливістю подання навчального завдання у вигляді «екранної події» є необхідність його формулювання у звичній для суб'єкта текстуальній формі, яке відбувається на основі спостереження графічного відображення, яке створено відповідним АПК на екрані комп'ютера. Текстуальне формулювання завдання у цьому випадку неможливе без розуміння сутності «екранної події» і правильній її інтерпретації.

За А. В. Антоновим⁸² (А. В. Антонов, 1988 р.) ідентифікація об'єкта сприйняття – це розпізнання стимулу як даного. Розпізнання об'єкта припускає формування його перцептивного образу і звірення його з раніше сформованими «еталонами», що зберігаються в пам'яті, наразі у пам'яті зберігається не один «еталон», а деяка організована в систему множина образів.

Сучасні теорії і моделі розпізнання ще не можуть задовільно розв'язати проблему алфавіту ознак, якими користується людина для упізнання знакових об'єктів і взагалі предметів. Отже, декодування як заключна фаза процесу упізнання (і сприйняття), в основному, полягає в «перекладі» сприйманих знаків у ті одиниці внутрішньої мови, що безпосередньо пов'язані з представленнями і мисленням.

Графік, гістограма, діаграма, таблиця, формула, номограма відносяться до ідеографічних знакових систем. Ідеографічний вид семантичної інформації порівняно з піктографічним здатний до передавання більш схованих від безпосереднього сприйняття властивостей і особливостей досліджуваного об'єкта або його фрагмента. Під графіком, зазвичай, розуміють сукупність певним чином організованих ліній, що виражають кількісну залежність взаємозалежних величин. Графіки дають можливість наочного сприйняття різного роду функціональних залежностей, у тому числі й таких, які принципово неможливо спостерігати візуально. На рис. 2.25 і рис. 2.26 показані типові ідеографічні знакові системи, що відібражають один і той самий фізичний процес, який спостерігає учень на екрані електронного осцилографа і екрані комп'ютера.

82 Антонов А.В. *Информация: восприятие и понимание.* – К. : Наукова думка, 1988. – 184 с.

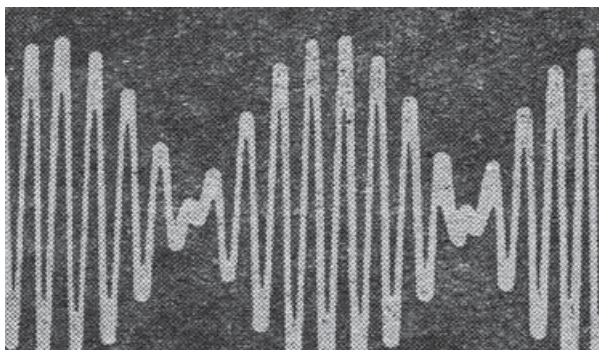


Рис. 2.25. Відображення на екрані осцилографа модульованих коливань

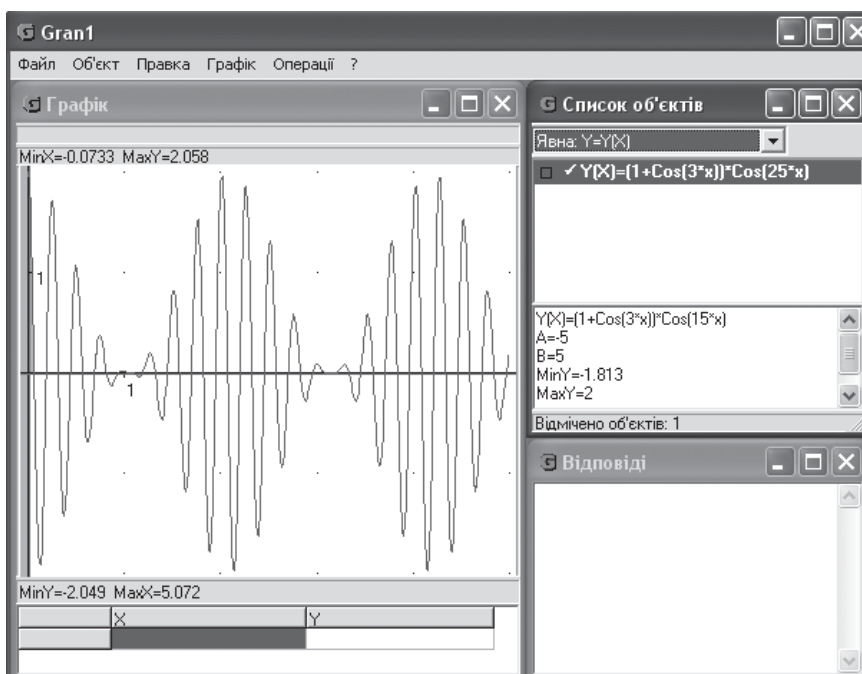


Рис. 2.26. Графічне подання результатів опрацювання математичної моделі «модульовані коливання» за допомогою ППЗ Gran

Однак треба відзначити, що за даними звіту (2000 рік) міжнародного порівняльного дослідження навчальних досягнень ПІЗА (*PISA – Programme for International Student Assessment*) у галузі функціональної грамотності п'ятнадцятирічних учнів результати оволодіння ними вміннями працювати з текстами, які містять у собі таблиці, графіки, діаграми тощо значно гірші,

аніз із суцільними (вербальними) текстами. Дослідники зазначають, що ця проблема є актуальною для методик навчання.

У разі використання ППЗ, образ, що сприймається як графічне представлення сукупності реальних об'єктів, є графічною структурою, яка відтворена на екрані комп'ютера відповідним програмним засобом. Тому й оперування графічними образами обмежене можливостями, закладеними у ППЗ проєктантами навчальної діяльності. Наближення обраної математичної моделі до можливості відтворення фізичної реальності у процесі її дослідження в комп'ютерному середовищі, урахування особливостей сприймання й інтерпретації «екранної події» користувачем залежно від вікових, інтелектуальних та інших його властивостей мають вирішальне значення для визначення доцільності використання ППЗ у навчальному процесі.

На рис. 2.27–2.29 показано приклади організації робочої зони навчального дослідження у різних типах навчальних середовищ, які підтримуються різними типами ППЗ. Рівень візуалізації, як ми бачимо, суттєво відрізняється. Одночасно відрізняються дидактичні можливості програмних засобів і складність їх використання. Рисунки розташовано за ознакою зростання складності їх використання у навчальному процесі.

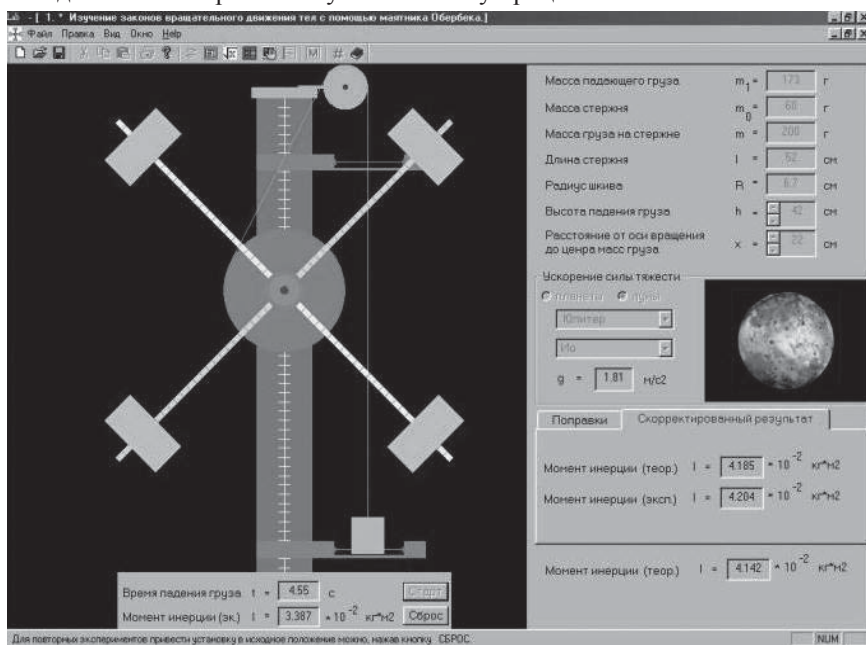


Рис. 2.27. Приклад організації екранної події навчального дослідження у інфокомунікаційному середовищі (Електронний методичний посібник Lab4, м. Харків)

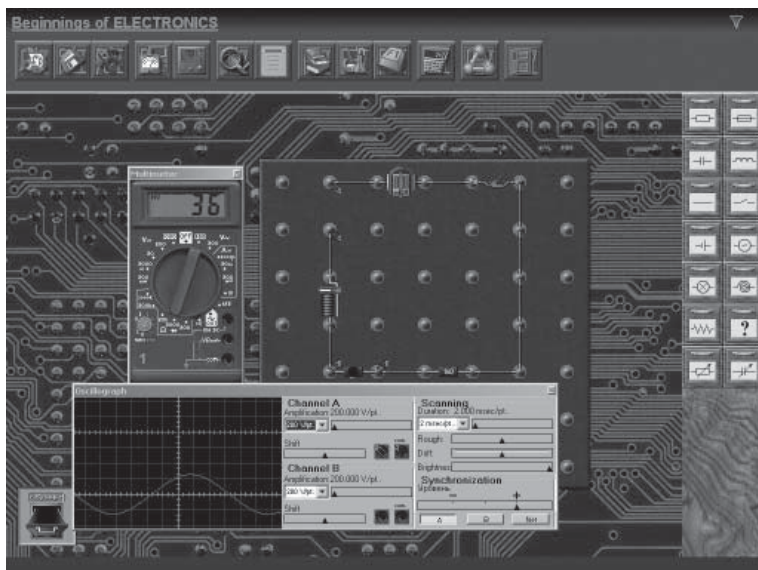


Рис. 2.28. Приклад організації робочої зони навчального дослідження у інфокомунікаційному середовищі (ППЗ *Electronics*)

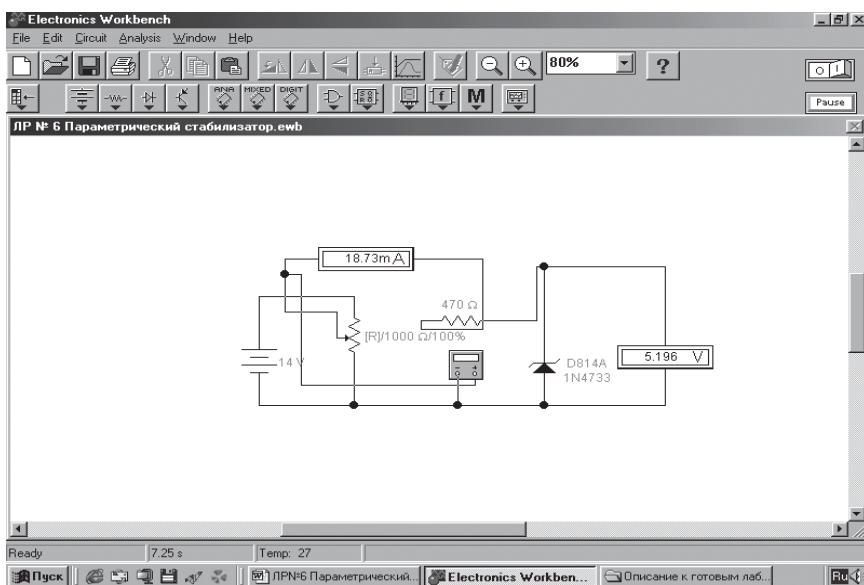


Рис. 2.29. Приклад організації робочої зони навчального дослідження у інфокомунікаційному середовищі (ППЗ *Electronics Workbench*)

Педагогічні спостереження дають підстави припустити, що «розгортання» тексту задачі включає в себе декілька розумових процесів, які можуть протікати паралельно один одному або послідовно у різній черговості:

1. Термінологічна ідентифікація графічного відображення, яка набуває ознак умови задачі. Тут необхідною умовою виступає наявність у суб'єкта діяльності позитивного знання, яке дозволяє йому розпізнати «екранну подію», що використана для опису фізичного явища або процесу, про які йдеться в умові задачі.

2. Графічно подана задача має бути описана спеціальними термінами тієї предметної галузі, у якій використовується задача. Розуміння умови задачі можливе тільки за умови знання учнями того, що позначає кожен термін і як його можна виразити аналітично і графічно.

3. Тезаурус суб'єкта навчання змінюється позитивно тільки за умови правильної ідентифікації термінів. На цьому етапі здійснюється аналіз тексту умови, тобто суб'єкт навчання має виділити у тексті задачі два основних поняття – логічний суб'єкт (поняття про предмет думки) і логічний предикат (поняття про ту ознаку чи ознаки, які приписані логічному суб'єкту у структурі судження, що, у нашому випадку, сформоване в умові задачі, як графічне відображення фізичного явища або процесу). Отже, можна казати, що у процесі термінологічної ідентифікації «екранної події» аналіз вислову має смисловий або логічний характер, на підставі якого актуалізується процес подальшої діяльності у напрямку пошуку способів розв'язування задачі (Ю. О. Жук, 1998 р.). Сформовані в учнів семантичні поля значень фізичних термінів визначають розуміння умови задачі і впливають на формування первісного (попереднього) плану її розв'язку, стратегії навчальної діяльності тобто «нульової гіпотези», яка потребує перевірки у подальшій діяльності.

4. Факторна ієрархія елементів задачі має імпліцитний характер. Побудова стратегії розв'язування (у будь-якому вигляді: явного алгоритму, графу тощо) це процес екстеріоризації внутрішнього уявлення суб'єкта щодо процесу розв'язування задачі.

5. Залучення знань з тієї предметної галузі, до якої відноситься задача. Цей процес пов'язаний із класифікацією ознак логічного предиката й отождоженням тих знань, які отримані під час ознайомлення із задачею, і тих, що заздалегідь відомі учню. Тобто, це є процес співвіднесення первісного концепту, що формується під час розуміння умови задачі, з тим концептом, тією структурою знань, яка була сформована в учня попереднім вивченням теорії.

Більшість термінів, які використовуються в умовах навчальних фізичних задач, є змінними, що виступають як відомі або як невідомі в кожному конкретному випадку. Вживання змінних в цьому розумінні цілком аналогічно вживанню вказівних займенників у звичайній мові. В обох випадках мають ся на увазі об'єкти як такі, незалежно від їх якостей. Тут постає проблема

позначення об'єктів, яким притаманні ті чи інші властивості. У математиці символ « X » не містить у собі ніяких вказівок на те, яким має бути цей « X » з точки зору його внутрішніх властивостей (область визначення показує тільки ті межі, де існує цей « X »). Водночас у фізиці традиційно встановилися (й закріплені у системі вимірювань) відповідні позначення змінних. Тим самим саме означення змінної несе у собі строго визначений, зрозумілий адресату зміст, тобто передбачає існування деяких властивостей, що надають змоги розпізнати ті поняття, до яких відносяться ці змінні.

Згідно термінам символічної логіки, це так звані індивідуальні сталі⁸³. Кожна така стала є символом, спеціально обраним для позначення того чи іншого індивідуального предмета. Наразі обмеження області можливих значень змінної розуміється, але не символізується, а тільки залежить від аналізу області значень і визначення (у випадках, коли термін виступає або як аргумент, або як функція).

Під час розв'язування математичних рівнянь, що записані у фізичних символах (термінах), спостерігається деякий психологічний бар'єр, який викликаний тим, що одні й тіж самі позначення виступають або як відомі (дані задачі), або як невідомі (ті, що треба визначити за умовою) елементи задачі. Наприклад, термін «швидкість» містить у собі швидкість як поняття (загальне визначення), миттєву, середню, лінійну, кутову швидкість, а також математичний (алгебраїчний) вираз всіх цих понять, їх векторний характер, можливості графічного представлення і т. ін. Отже, мова йде про те, наскільки границі суб'єктивного розуміння обмежують границі теоретичної рефлексії суб'єкта навчання. Процес розуміння за недостатності знань набуває, як уже було сказано, форму трактування. Навчання вживанню правильної послідовності використання знань стосовно конкретної задачі дозволяє учневі запобігти випадкам трактування.

Суттєвим етапом процесу розв'язування навчальної задачі є аналіз «сценарію» фізичної події, поданої на екрані комп'ютера, шляхом його інтерпретації з метою зведення до відомого. Водночас здійснюється пошук аналогій (можливостей перенесення), як спроба скористатись заздалегідь відомою, раніше засвоєною стратегією діяльності (тут можна казати про пошук деякого відомого «алгоритму» розв'язку, тобто це є спроба, взагалі кажучи, репродуктивного підходу до процесу розв'язування задачі).

Характерним для цього етапу є спрощення або ускладнення умови шляхом відкидання частки даних або введення нових даних. Залучаючи психологічну термінологію, такі дії можна назвати каузальною атрибутацією⁸⁴, тобто прагненням доповнити (або якось трансформувати) наявну інформацію, яка, за думкою суб'єкта, є недостатньою для прийняття рішення щодо подальшої

⁸³ Кондаков Н.И. Введение в логику. – М.: Наука, 1967. – 460 с.

⁸⁴ Словарь практического психолога / сост. С.Ю. Головин. – Минск: Харвест, 1997. – 800 с.

діяльності. Продовження аналізу дозволяє виділити ті чи інші ознаки подій і предметів, що беруть участь у цій події, ранжувати їх за важливістю, звернути увагу на суттєве, абстрагуватися від несуттєвого, здійснити мисленне розчленування дії «сценарію» на складові.

Поряд із процесом аналізу відбувається синтез (у більшості як мисленне продовження дії «задачного сценарію», який розгортається на екрані). У даному випадку процес синтезу включає в себе прогностику щодо подальшого розвитку події у разі зміни ситуації, про яку йдеться у тексті задачі, із залученням учасників події. Учасниками події виступають не тільки предмети, але й їх властивості, а розвиток подій ґрунтується на знаннях законів, яким підпорядковані фізичні процеси і явища. У випадку відсутності теоретичної опори трактування замінює розуміння умови, що приводить до закінчення позитивних спроб розв'язати задачу.

Синтез допомагає усвідомленню причин і наслідків події, що описано в умові задачі, шляхом «перекладу» статичного сценарію до динамічного (або навпаки). Водночас події, про які йдеться в умові задачі, сприймаються учнем уже не як окремі елементи, але як цілісна конфігурація, до якої включені ці елементи.

Важливим є також мисленне представлення дії (при залученні екранного образу як почуттєво-наочної опори), про яку йдеться у задачі, та усвідомлення умов, у яких розгортається дія сценарію задачі (наприклад, місця і часу події). Це також допомагає доповнити умову деякими обставинами середовища, у якому розгортається подія, ввести допоміжні умови, параметри, що «сховані» в графічному «тексті» задачі (не показані на екрані, але контекстуально «присутні»). Наприклад, розглядаючи рух тіла, кинутого під кутом до горизонту, саме урахування місця події приводить до введення в умову задачі прискорення руху тіла внаслідок дії сили тяжіння.

За звичного текстового представлення умови завдання почуттєво-наочна опора необхідна на перших етапах звертання до задачі як засобу прямої педагогічної дії. У міру накопичення умінь і навичок щодо розв'язування даного типу задач, роль такої опори зменшується. Якщо завдання подано у графічній формі, як уже було сказано вище, з'являється проміжний етап – «переклад» графічного образу в текстуальну форму. У випадку, коли результат розв'язання задачі полягає у пошуку або числового значення, або функціональної залежності, заключним етапом роботи учня з текстом умови задачі є спроба встановити функціональні залежності між елементами задачі (самостійного створення математичної моделі фізичної події).

У процесі розв'язування навчальної задачі з фізики учень, у більшості випадків, використовуючи звичні для себе способи математичних перетворень,

у результаті власної навчальної діяльності отримує математичний вираз, який інтерпретується ним як результат розв'язування поставленої задачі. Інакше кажучи, учень здійснює аналіз фізичної сутності розв'язку. Вірогідність отриманих результатів, у цілому, визначається такими факторами:

1) правильністю обраної суб'єктом предметної галузі, до якої відноситься фізичне явище або процес;

2) правильністю власних теоретичних представлень, які, за думкою суб'єкта, адекватні до події, що розглядається;

3) правильністю обраної суб'єктом стратегії (або алгоритму) розв'язування;

4) правильністю обраної математичної моделі, яка описана у відповідних до задачної ситуації термінах (одиницях тексту);

5) правильністю математичних перетворень, які здійснює суб'єкт у процесі реалізації обраного алгоритму розв'язку.

Під час використання моделюючих ППЗ до цього переліку включається фактор оперування графічним уявленням функціональної залежності (екранним образом, екранною подією), які включають:

1) аналіз екранної події (її розпізнавання, ідентифікацію, класифікацію);

2) наповнення графічного образу фізичним змістом (через адекватний термінологічний опис);

3) призначення (мислення найменування), у разі потреби, осей координат;

4) призначення (визначення) масштабу, у разі потреби, осей координат;

5) переконструювання графічного образу відповідно до поставленої задачі й обраної стратегії розв'язування і можливостей ППЗ.

Отримане на екрані комп'ютера зображення (екранна подія, яка спостерігається) має властивості, подані далі.

1. Подія доступна для сприймання, тобто її спостереження може сформувати зоровий образ.

2. Подія має низку ознак, тобто може бути розпізнана, ідентифікована і класифікована.

3. Подія знаходиться у контексті ситуації, тобто процес формування зорового образу переслідує визначену мету.

4. Подією можна керувати в оперативному режимі, тобто дослідник-спостерігач має можливість активно втручатися в екранну подію.

5. Подія може бути оперативно оброблена засобами ІКТ, тобто користувач має можливість отримати додаткову інформацію про процес, який вивчається.

6. На основі спостереження екранної події й операціональної діяльності з керування нею у учня з'являється можливість зробити певні висновки і прийняти низку рішень про подальшу діяльність.

2.5. Особливості знаково-символічної навчальної діяльності в інформаційно-комунікаційному середовищі

Розглядаючи навчальний процес у рамках теорії поетапного формування розумових дій⁸⁵, дослідники зіткнулися з труднощами, які виникають в учнів під час використання ними знаково-символічних засобів⁸⁶. Досвід використання засобів ІКТ у процесі викладання фізики показав, що ця проблема виходить на перший план, тому що знаково-символічна візуалізація (екранні образи) є невід'ємною частиною діалогу у системі учень – комп'ютер і вимагає спеціального дослідження. Окрім того, тільки на основі знаково-символічних засобів можлива побудова моделей різного рівня абстрактності, які є необхідним елементом розв'язування і дослідження більшості типів навчальних задач. Наразі відомо, що різні види знаково-символічних засобів використовуються у реальній діяльності не ізольовано, а комплексно. Мова може йти тільки про домінування цих засобів з більшим чи меншим ступенем вираження яких-небудь характеристик.

Великого значення наочності надавали багато відомих учених. Наприклад, чуттєвому сприйманню у специфічному застосуванні до сприйняття і впізнання знаків на папері або на шкільній дошці і до представлення в думці геометричних відповідностей аналітичним об'єктам присвячений підручник геометрії, який написали Д. Гілберт та С. Е. Кон-Фоссен. Цей підручник мав велику кількість креслень, призначення яких – досягти розуміння за допомогою наочності. Це пояснюється тим фактом, що «Близько 90 % всієї інформації, що сприймається людиною, надходить до нього зоровим каналом сприйняття, що має найбільшу пропускну здатність... Звідси величезне значення оптимальної ілюстрації підручників»⁸⁷.

Довгий час дослідження ефективності різних засобів наочності обмежувалось порівняльним вивченням легкості сприйняття конкретного (предмет, картинка) й абстрактного (діаграми, схеми, креслення) матеріалів (на це звертається увага, наприклад, у роботі «Знак и символ в обучении» Н. Г. Салміна). Зокрема, дослідження показали, що на всіх рівнях розвитку інтелекту конкретний матеріал сприймається легше абстрактного. Велика увага приділялась дослідженню організації діяльності із знаково-символічними засобами різних систем і об'єктів, які мали атрибутивний набір властивостей і впливали на функціонування і засвоєння знакових систем.

У психологічній літературі приводиться багато класифікацій знаково-символічних засобів: найбільш загальні наведені Р. Арнхеймом та Ж. Піаже, під час спілкування – Г. М. Андрєєва і М. К. Тутушкіна, під час розв'язування часткових дослідницьких задач – Н. Н. Под'яков, семантичного типу – М. В. Гамезо, за функціональним критерієм – К. Бюллер, В. С. Мухіна та ін.).

⁸⁵ Гальперин П.Я. Методы обучения и умственное развитие ребенка. – М.: 1985. – 55 с.

⁸⁶ Салмина Н.Г. Знак и символ в обучении. – М.: Изд-во МГУ, 1988. – 286 с

⁸⁷ Кыверялг А. А. К пониманию учащимися иллюстраций учебников естественно-математического цикла / В сб.: ПШУ. – Вып. 6, М., – 1978. – 278 с. – С. 185-196.

Зверталась увага на конкретизацію дій із знаково-символічними засобами, а саме на застосування готових моделей і їх побудову. Так, у роботах П. Я. Гальперіна⁸⁸ і Н. Г. Салміної⁸⁹ доведено, що операціональний розвиток впливає, але не визначає символічного.

Лінії операторного і символічного розвитку не співпадають і вимагають предметно-специфічних знань. З великої кількості робіт, які виконані на основі теорії планомірного формування розумових дій, виступає той факт, що робота учнів з використанням формально-логічного апарату не веде до підвищення рівня узагальнення, важлива адекватність діяльності знанням, які формуються. У всіх роботах, які присвячені цьому питанню, досліджується цілеспрямоване формування різних видів діяльності із знаковосимволічними засобами.

Розробка принципів навчання графічному моделюванню, умінням оперувати знаково-символічними засобами розглядається у роботах Н. Б. Березанської, З. І. Бітюкової, В. Деннінга, Г. Ессінга, С. Мааса, Ю. О. Жука, Б. Ф. Ломова та інших. У всіх роботах підкреслюється необхідність розробки особливих типів задач, на яких формуються ці вміння. Останнім часом проведено низку досліджень стосовно візуальної організації інформації в комп'ютерних засобах навчання. Особлива увага звертається на організацію інтерфейсу користувача як на той бік програмного продукту, який «організує навчання» (там же). Звертає на себе увагу той факт, що всі роботи орієнтовані на програмні продукти корпорації *Microsoft*, який майже офіційно став «стандартом» в освітній галузі завдяки великому поширенню у навчально-виховних закладах.

Розроблені програми з навчання графічного моделювання просторових відношень у формі планів, побудови і застосування найпростіших графіків, просторового моделювання логічних відношень та ін.

У наших дослідженнях зроблена спроба знайти раціональні шляхи цілеспрямованого формування знаково-символічної діяльності у разі використання спеціально орієнтованих педагогічних програмних засобів, які реалізовані на базі ІКТ, що забезпечують ефективне засвоєння знань шкільного курсу фізики і застосування названих засобів у самостійній роботі учнів.

Наш підхід порівняно з описаними експериментальними дослідженнями з використання моделювання як засобів розв'язування задач характеризується тим, що:

- 1) виділяється діяльність із знаково-символічними образами, які отримані за участю ППЗ і візуалізовані на екрані комп'ютера;
- 2) розглядаються специфічні функції засобів, які використовуються, і операціональний склад діяльності, який диктується апаратно-програмними властивостями засобу ІКТ;

⁸⁸ Гальперин П.Я. Методы обучения и умственное развитие ребенка. – М.: 1985. – 55 с.

⁸⁹ Салмина Н. Г. Знак и символ в обучении. – М.: Изд-во МГУ, 1988. – 286 с.

3) формування знаково-символічної діяльності розглядається з врахуванням можливості математичної обробки знаково-символічних зображень засобами ІКТ.

Одним з експериментальних об'єктів виступило математичне моделювання як частковий вид діяльності моделювання, яке дозволяє отримати графічне зображення фізичних процесів, які моделюються, як проміжний етап розв'язання навчального завдання.

Один з етапів нашого дослідження був спрямований на виділення класів навчальних задач, на основі яких створюються умови формування моделювання як розвинутої форми знаково-символічної діяльності і найбільш повно використовуються можливості використання засобів ІКТ.

Другий етап наших досліджень був спрямований на пошук оптимальних стратегій діяльності учнів під час розв'язування виділених класів задач із застосуванням засобів ІКТ у спеціально сформованих програмних середовищах.

Аналіз літератури надає можливості виділити дві, відмінні за своєю суттю і ступенем організованості мислення, задачі використання геометричних представлень (образів) фізичних процесів, які візуалізовані на екрані комп'ютера.

1. Пряма задача – створення геометричного образу на основі математичної моделі з тим, щоб, змінюючи параметри моделі, прослідкувати за зміною геометричного образу.

2. Обернена задача – на основі геометричного образу створити математичну модель у формі аналітичного виразу і знаходити раціональну формулу, що описує явище, яке розглядається.

Пряма задача має велике методичне значення, тому що математична модель вже створена і геометричний образ дає можливість безпосередньої візуалізації її на екрані комп'ютера для зорового сприймання і цим допомагає розвитку образного мислення, більш глибокого розуміння взаємозв'язку змінних елементів задачі. Інтерактивність комп'ютерної графіки дозволяє в діалоговому режимі (учень – комп'ютер) змінювати геометричний образ на екрані, коригуючи математичну модель, і відслідковувати динаміку зміни якісних і кількісних характеристик моделі. Водночас учитель має можливість безпосередньо спостерігати діяльність учнів, аналізувати і, якщо потрібно, корегувати процес навчальної діяльності учня. Така можливість з'явилась вперше у практиці освіти тільки з формуванням тернарних відношень учень – комп'ютер – учитель.

Прикладом реалізації у навчальному процесі прямої задачі використання графічного образу можна показати на основі рівняння Максвелла, використання якого без застосування засобів математичної підтримки дуже важко. Як відомо, рівняння Максвелла, яке описує розподіл молекул за швидкостями їх хаотичного руху, дає можливість визначити кількість молекул ΔN , швидкість яких лежить в інтервалі від V до ΔV . Вводячи відносну швидкість $u = V/V_0$, де V_0 – найбільш імовірна швидкість молекул даного газу при заданій температурі (T), рівняння Максвелла записується у вигляді

$$\frac{\Delta N}{N} = \frac{4}{V_g} \cdot e^{-u^2} \cdot u^2$$

Для побудови кривої розподілу Максвела задамо параметри газу: $\mu = 0,002 \text{ кг/моль}$ (водень), $T = 100 \text{ K}$. Визначимо за формулою

$$V_g = \sqrt{\frac{2 R T}{\mu}} = 911,6 (\text{м / с})$$

Наприклад, у разі використання ППЗ *Gran* для отримання графічного відображення вводимо через клавіатуру вираз

$$y = 4 \cdot (x / 911.6) \cdot \exp(-(x / 911.6)^2)$$

у діапазоні $x = (-87,33; 3100)$, $y = (-10^{-6}; 1,65 \cdot 10^{-3})$. На екрані комп'ютера одержимо графік, який наведено на рис. 2.30.

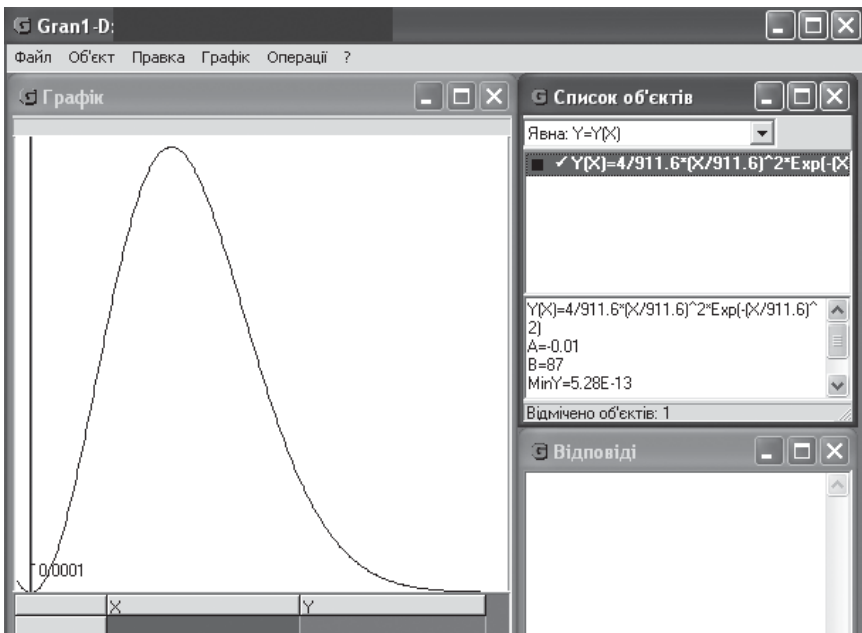


Рис. 2.30. Графічне відображення математичної моделі «розподіл Максвела»

Для визначення тієї частини молекул (S) від загальної їх кількості (N), швидкості яких лежать у межах від $V_1 = 1000 \text{ м/с}$ до $V_2 = 1500 \text{ м/с}$, визначимо площу відповідної криволінійної трапеції (рис. 2.31).

Прийнявши масу газу, рівній його молярній масі ($\mu = m$), тобто $N = NA$, визначимо кількість молекул газу, які мають швидкості у даному діапазоні:

$$\Delta N = N_A \cdot S = 2,103 \cdot 10^{23} \text{ (молекул)}$$

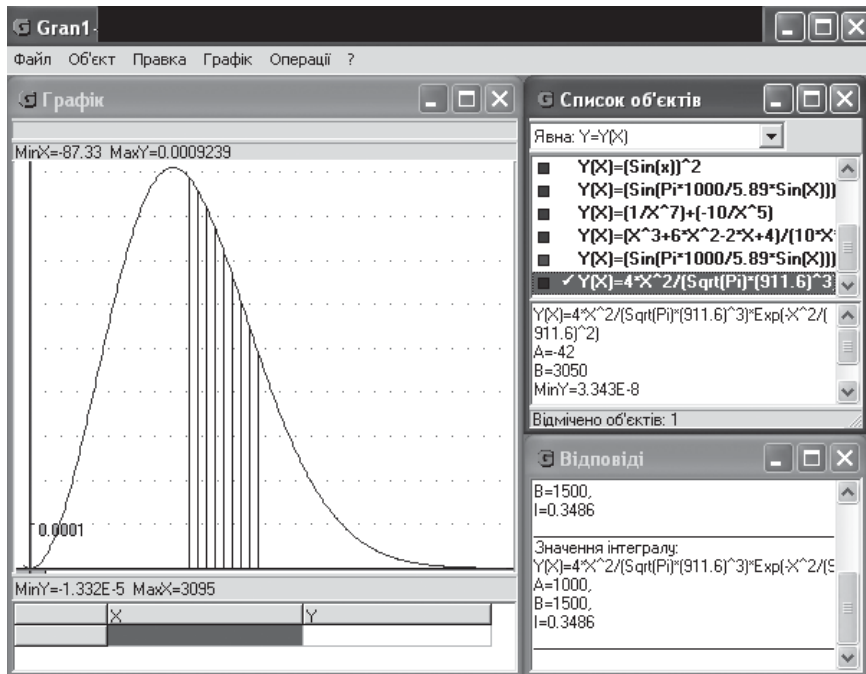


Рис. 2.31. Визначення частини молекул, швидкості яких лежать в діапазоні [1000; 1500]

У процесі нашого дослідження для самостійної роботи учням пропонувалось:

- 1) побудувати криві розподілу Максвела для різних температур,
- 2) визначити кількість молекул різних газів при різних температурах і масах в різних діапазонах швидкостей,
- 3) самостійно сформулювати задачі, у яких необхідно використати даний розподіл.

Розглядаючи процес розвитку здібностей, Є. І. Регірер стверджує, що «практика показує, що більшість людей легко навчається уявляти собі хід багатьох явищ у формі графіків, зробивши для себе таке «мислення графіками» звичною формою»⁹⁰.

90 Регірер Е.И. О профессии исследователя в точных науках. – М.: Наука, 1966. – 165 с.

Наші спостереження показують, що графіки особливо наочні, коли мова йде про функції від однієї змінної. Коли кількість незалежних змінних зростає – наочність втрачається, зменшується у більшому чи меншому ступені і простота уявлень про фізичний процес, який ними описується. Отже, пряма задача є задачею методичною.

Обернена задача має яскраво виражений методологічний характер. Це можна спостерігати на прикладі аналітичного виразу для випромінювання (спектральної густини енергії рівноважного випромінювання в змінних u_ω та T), який знайдений М. Планком:

$$u_\omega = \frac{h \cdot \omega^2}{2 \cdot \pi^3 \cdot \omega^3} \cdot \frac{1}{e^{\frac{h \cdot \omega}{2 \cdot \pi \cdot k \cdot T}} - 1}$$

Для отримання на екрані комп'ютера відповідного графічного відображення вводимо в комп'ютер вираз

$$y = 10^{(-58)} \cdot x^3 / (\exp(x \cdot 10^{(-14)}) - 1),$$

у якому значення сталих визначено при температурі $T = 1000 \text{ K}$. Програма *Gran* в автоматичному режимі будує графік цієї залежності (рис. 2.32).

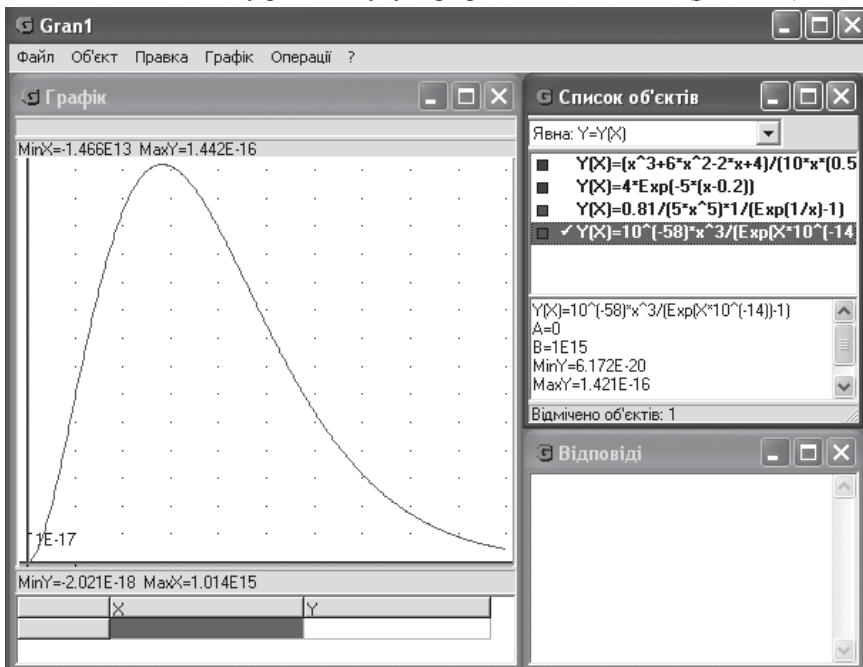


Рис. 2.32. Графічне відображення спектральної густини енергії рівноважного випромінювання в змінних u_ω та T

Криву, яка відображена як графік певної залежності між фізичними параметрами випромінювання, можна перевести в аналітичну форму двома способами: виразити її або емпіричною, або раціональною формулою. У першому випадку крива буде лише близька за формою, а у другому – буде повністю розкривати не тільки форму, але і сутність тієї залежності, яка представлена кривою. Тому раціональні формули називають теоретичними, оскільки лише з них можна робити принципові висновки. М. Планк побудував раціональну формулу випромінювання на основі емпіричних даних для випромінювання чорного тіла. Лише згодом її повне роз'яснення дав А. Ейнштейн.

У процесі педагогічного експерименту нами перед учнями була поставлена задача: використовуючи ППЗ *Gran*, дослідити рівняння Ван-дер-Ваальса. Результатом дослідження мала бути побудова ізотерм реального газу на екрані комп'ютера. Значення констант a і b були запозичені з роботи А. К. Кікоїна, І. К. Кікоїна⁹¹, де вони наведені для вуглекислоти. Результати комп'ютерного експерименту показали, що отримати графіки ізотерм, форма яких схожа на наведені на рис. 5.13 у тому ж підручнику, використовуючи математичну модель процесу, яку запропонував Ван-дер-Ваальс, достатньо складно. Результат представлено на рис. 2.33.

Це самостійне спостереження показало учням, що дане рівняння не строго описує процес, який розглядається. Розгляд подібних питань принциповий, на наш погляд, тому що зачіпає суттєву структуру теоретичної частини фізики: теоретичні залежності, які виражені математичною мовою, не завжди співпадають з результатами експерименту.

Друга проблема, яка поставлена перед учнями у ході педагогічного експерименту, була сформульована у формі: сконструювати математичний вираз, який описує ізотерми реального газу, подібні тому, що наведені у тому ж підручнику А. К. Кікоїна на рис. 5.10. Більше третини учнів в цілому упоралися з поставленою задачею. Найбільш повно описує наведену формулу ізотерм вираз

$$y = \frac{5x^3 + 2x^2 - 2x + 5}{10x(0,5x^3 - x^2 + 1)}$$

Шляхом зміни коефіцієнтів у цьому виразі можна побудувати сімейство графіків, подібних до наведеного на рис. 2.34.

91 Кикоин А.К., Кикоин И.К. Молекулярная физика. – М.: Наука, 1976. – 478 с.

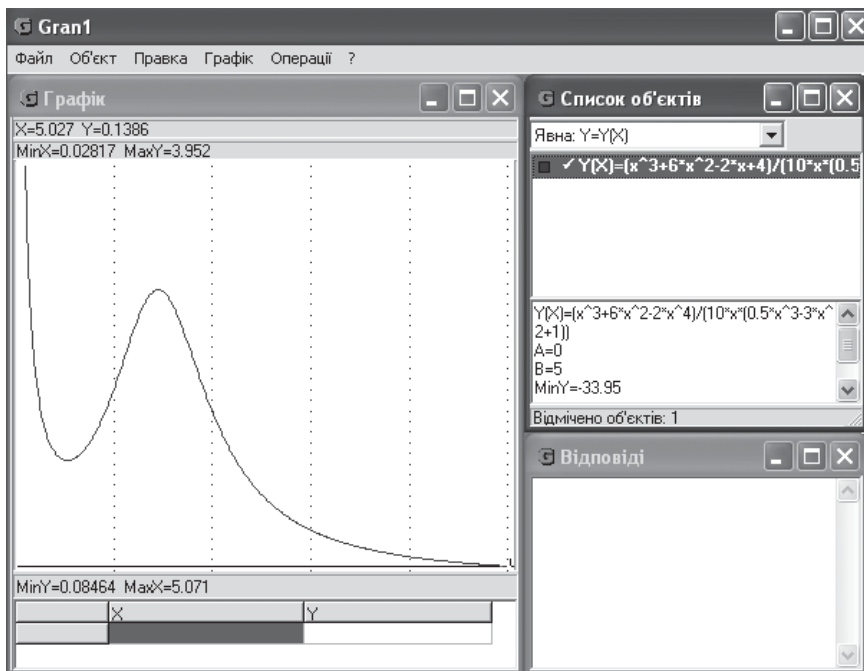


Рис. 2.33. Графічне відображення ізотерм реального газу
(за математичної моделі Ван-дер-Ваальса)

Графік на рис. 2.33 не має фізичного змісту, він тільки нагадує малюнок у підручнику. Якщо ми скористуємося рівнянням Ван-дер-Ваальса

$$\left(p + \frac{a}{V^2}\right) \cdot (V - b) = RT,$$

де $a = 0,36 \text{ Па} \cdot \text{м}^3 / \text{моль}$, $b = 42,8 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3 / \text{моль}$ – коефіцієнти критичного стану для вуглецю, та прийняти $m = \mu$, $T = 290 \text{ K}$, правильно обравши область існування функції, отримаємо графічну презентацію, що має певний фізичний зміст (рис. 2.34). Однак, найбільш точно описують стан реального газу рівняння, які враховують відхилення його від ідеального газу

у вигляді розкладення в ряд за густиною (або за степенями $\frac{1}{V}$), що має назву рівняння Камерлінга-Оннеса

$$PV = RT \left(1 + \frac{B_2(T)}{V} + \frac{B_3(T)}{V^2} + \dots\right)$$

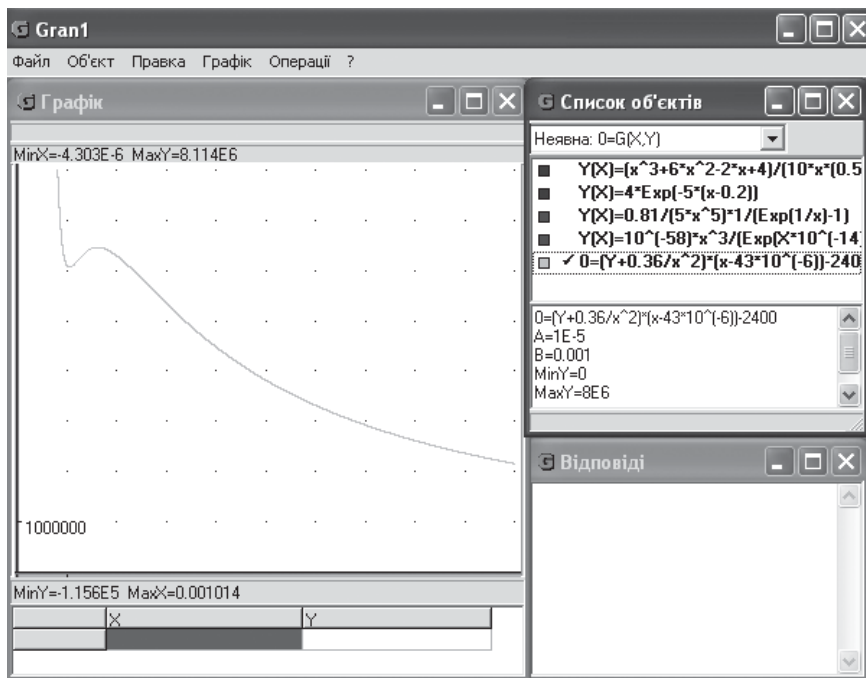


Рис. 2.34. Графічне відображення ізоTERM реального газу (за математичної моделі Камерлінга-Оннеса)

Цей приклад відвернення математичного опису від реалій фізичного процесу показує учневі принципову можливість явища, яке описане. Логічним продовженням цього є інтерпретація отриманого виразу з точки зору фізичного явища, яке описане.

Велика кількість основних фізичних закономірностей, які знайдені на основі експериментально отриманих графіків, складають змістову базу шкільного курсу фізики (наприклад, закони Ома в інтегральній формі, закони ідеальних газів тощо). Знаходження раціональних формул не завжди вимагає нових математичних розв'язків, часто воно зводиться до простого використання відомих математичних залежностей. Наприклад, якщо будь-яка величина в деякому випадку змінюється пропорційно сама собі, то вона описується аналітичним рівнянням виду (показникова функція)

$$y = a \cdot e^{bx}$$

У курсі фізики середньої школи до цього рівняння зводяться процеси: радіоактивного розпаду, розряду і заряду конденсатора, барометрична формула, час охолодження тіла.

Покажемо, як відображається цей математичний вираз у вигляді функції під час використання різних ППЗ (рис. 2.35, рис. 2.36).

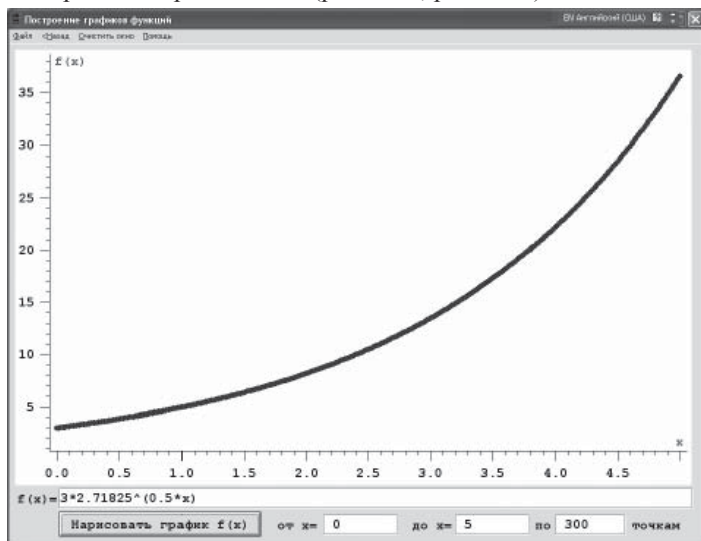


Рис. 2.35. Графічне відображення показникової функції, отриманої за допомогою ППЗ Barsik

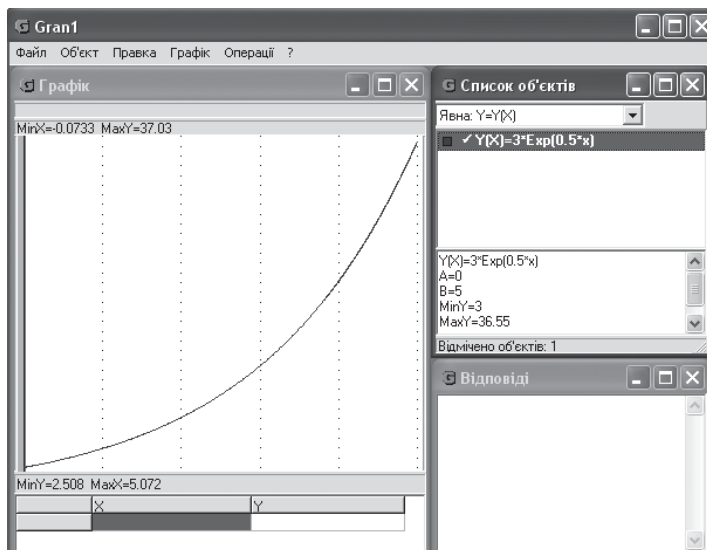


Рис. 2.36. Графічне відображення показникової функції, отриманої за допомогою ППЗ Gran

У ході подальшого вивчення фізики і математики учні пізнають, що ці аналітичні вирази є розв'язком відповідного диференціального рівняння (у даному випадку з розділеними змінними).

У цьому випадку ППЗ надають можливості реалізувати методики, які спрямовані на розширення матеріалу курсу фізики, який обмежений недостатньою змістовною математичною підготовкою учнів середньої школи. Наприклад, якісне графічне розв'язування задач типу «Рух тіла змінної маси», «Рух тіла під дією сили, яка залежить від швидкості», «Рух тіла при дії сили, яка залежить від положення тіла» і т. д.

РОЗДІЛ III. МОДЕЛЮВАННЯ ФІЗИЧНИХ ПРОЦЕСІВ І ЯВИЩ ЗАСОБАМИ КОМП'ЮТЕРНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

3.1. Аналіз та інтерпретація графічного образу в процесі навчального дослідження в системі «учень – комп'ютер»

Як і у випадку традиційного застосування графіків, під час використання ППЗ екранний образ завжди відповідає математично заданій функції, яка є ідеалізованим відображенням властивостей і відношень конкретних, чуттєво-сприйманих і різноякісних явищ дійсності (у нашому випадку, фізичних процесів і явищ). Як будь-який математичний об'єкт, функція, яка управляє екранним образом, створюється (конструюється) в результаті складного багатоступеневого абстрагування й ідеалізації, і, у кінцевому рахунку, її властивості вивчаються методами математики, тобто методами класичної дедуктивної науки.

Під час аналізу екранного образу суб'єктом чуттєво сприймається не сам фізичний процес, а графічне зображення математичного (формального, абстрактного, ідеалізованого) образу, який описує взаємозалежність параметрів даного фізичного процесу. На перший погляд така опосередкованість вивчення фізичних процесів здається складною, може ускладнити розуміння суті фізичного явища. Але у фізиці, як науці в основі своїй експериментальній, перехід від чуттєвого сприйняття фізичного процесу (наприклад, спостереження за ходом фізичного процесу, за результатами експерименту) і далі до графічного виразу числових залежностей є процесом загальноприйнятим, найбільш розповсюдженим у практиці наукового дослідження і результативним у гносеологічному плані. Саме на основі графічного образу результатів експерименту зроблені суспільно значущі відкриття, визначені аналітичні форми функціональної залежності параметрів багатьох фізичних процесів. Більшість фізичних законів, які вивчаються у курсі фізики середньої школи, отримали свій формальний вираз саме як емпіричні формули (наприклад, газові закони, закони постійного струму, закон гравітації, закон Кулона і т. д.). Як сказав про це А.-М. Ампер: «Які б не були гіпотези і всілякі припущення, які можна зробити для пояснення цих явищ, останні завжди представляються формулою, яка виведена мною за результатами досліду за допомогою

математичних обчислень»⁹². З цього моменту отриманий математичний вираз може використовуватись у формальних міркуваннях, підлягати обробці адекватними методами математичного аналізу, стає самостійним джерелом знань, які розширюють наше представлення як про саме фізичне явище, так і про його місце у загальній фізичній картині світу.

Окрім того, давно уійшло у практику фізичного експерименту вивчення (спостереження і вимірювання) прихованих параметрів фізичного процесу (явища) за допомогою таких приладів як, наприклад, осцилограф і осцилоскоп (рис. 3.1).

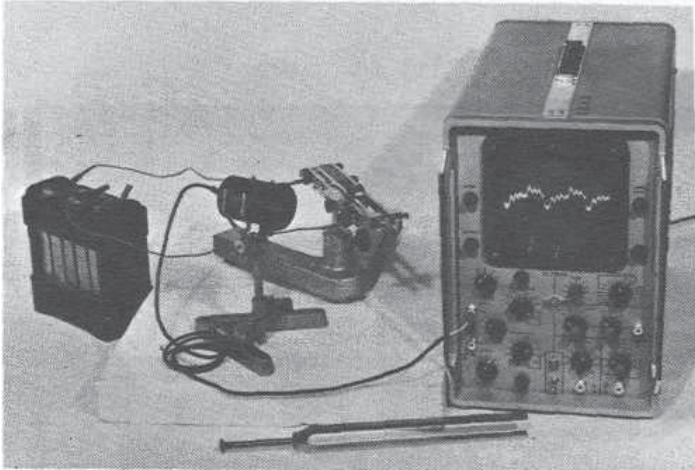


Рис. 3.1. Організація робочої зони навчального дослідження у предметно-просторовому середовищі

Екранний образ під час використання осцилоскопа утворюється шляхом специфічних перетворень вимірюваних параметрів всередині приладу, й аналіз екранного образу (трактування, ототожнення, інтерпретація об'єкта спостереження) залежить від розуміння суб'єктом спостереження методики експерименту. У цьому випадку екранний образ визначається самим фізичним процесом, не залежить від способу обробки приладом параметрів процесу, який вивчається. Зокрема, осцилограф, спектрограф, характеріограф дають під час вивчення одного й того ж коливального процесу різний екранний образ.

На рис. 3.2 показано відображення на екрані електронного осцилографа (ЕО) плоскої діаграми коливань електричного струму, що зменшується в часі. На рис. 3.3 і рис. 3.4 показані графічні образи спадаючих коливань, побудованих різними ППЗ за однаковою математичною моделлю (Gran, Barsik).

92 Ампер А.-М. Теория электродинамических явлений, выведенная исключительно из опыта. /Электродинамика. –М.: АН СССР, 1954. – С. 7-220.

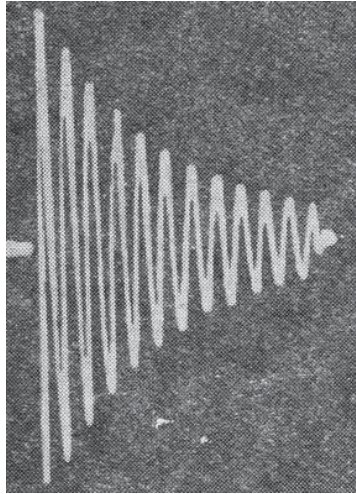


Рис. 3.2. Відображення на екрані осцилографа процесу затухання гармонічних коливань

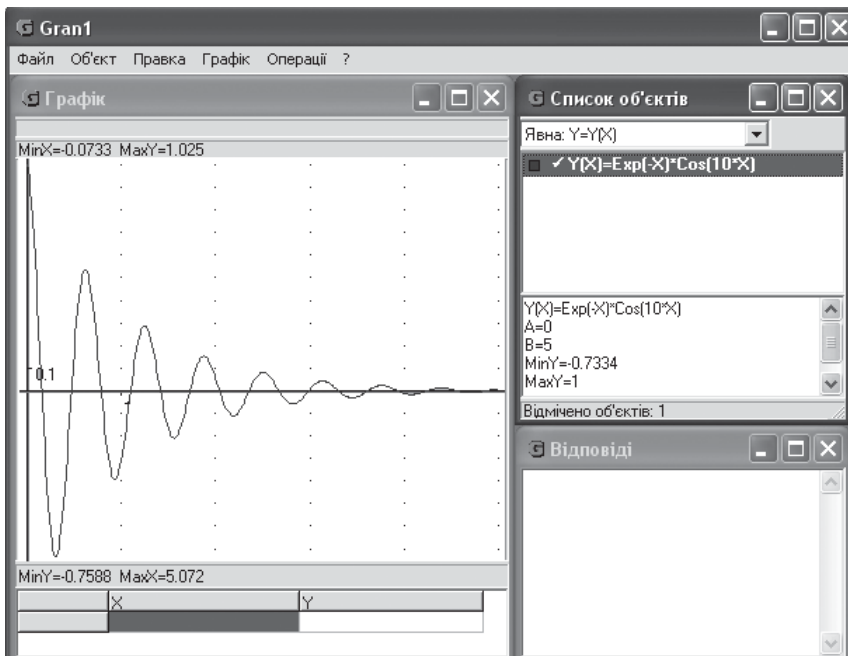


Рис. 3.3. Графічне відображення математичної моделі «затухання гармонічних коливань», створеної за допомогою ППЗ Gran

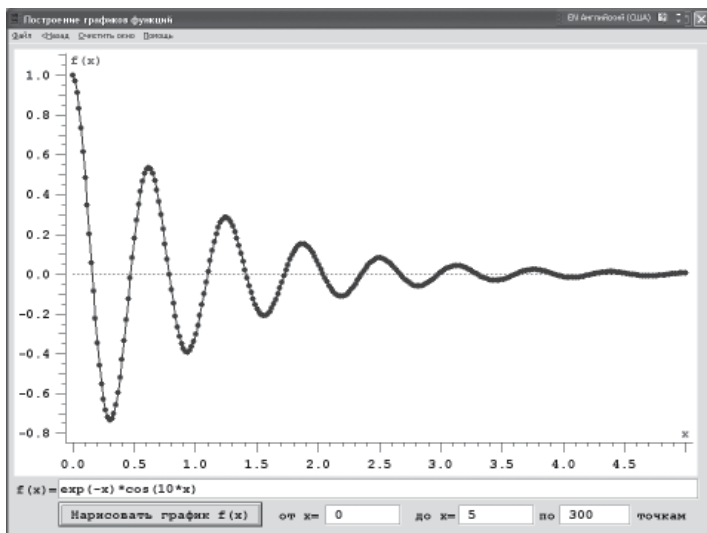


Рис. 3.4. Графічне відображення математичної моделі «затухання гармонічних коливань», створеної за допомогою ППЗ Barsik

На рис. 3.5 (а) показано фазову діаграму коливань, наведених на рис. 3.2, яка відображається на екрані характерографа (характеріограма), на рис. 3.5 (б) – відображення того самого процесу на екрані спектрографа (спектрограма).

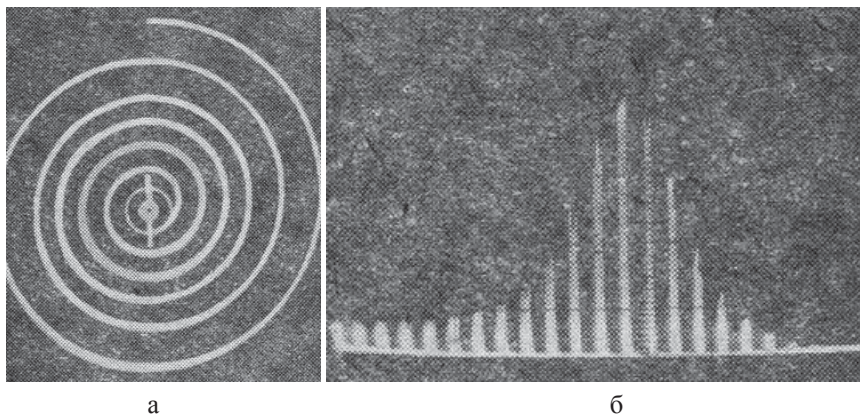


Рис. 3.5. Відображення на екрані характерографа (а) і спектрографа (б) процесу затухання гармонічних коливань

На рис. 3.6 і рис. 3.7 показані аналогічні графічні відображення, побудовані різними ППЗ.

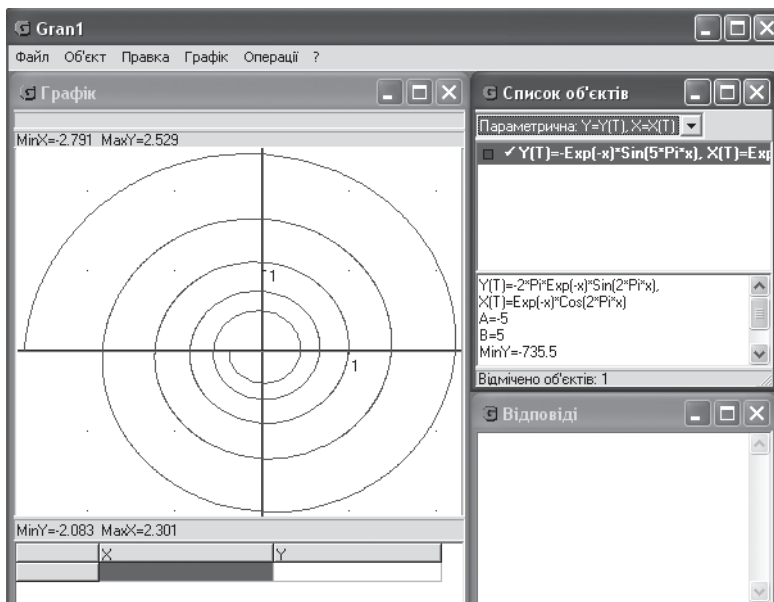


Рис. 3.6. Графічне відображення математичної моделі фазової діаграми коливань, створеної за допомогою ППЗ Gran

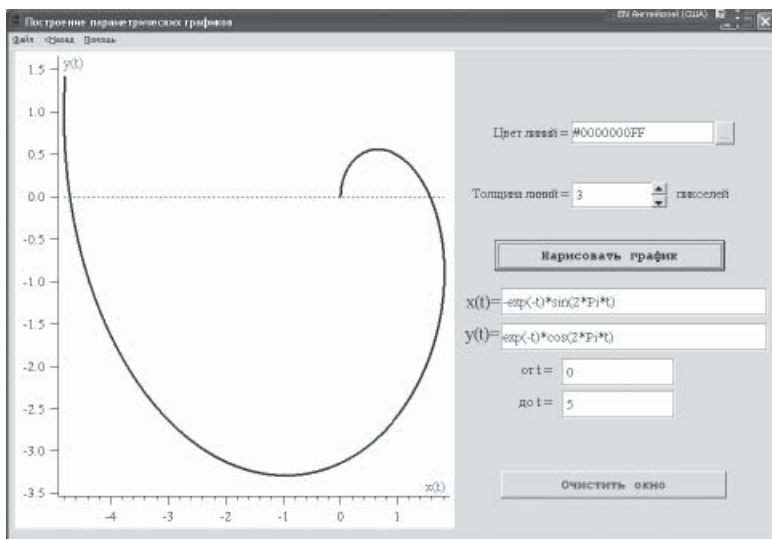
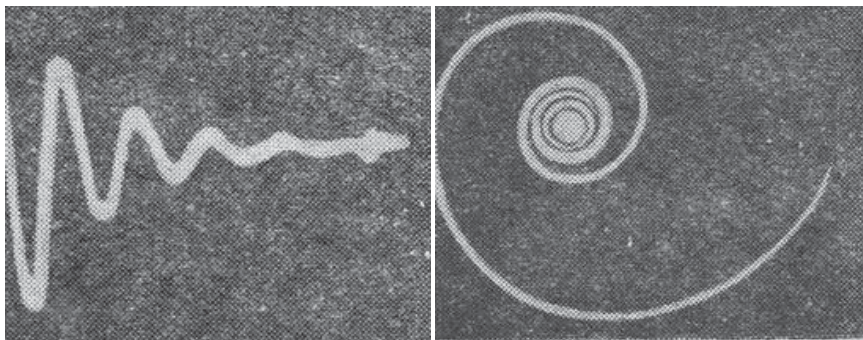


Рис. 3.7. Графічне відображення математичної моделі фазової діаграми коливань, створеної за допомогою ППЗ Barsik

Зміна параметрів електричного кола, яке досліджується (зміна добротності системи), призводить до «автоматичної» зміни відображення процесу на екрані осцилографа (рис. 3.8, а) і характеріографа (рис. 3.8, б). Для отримання аналогічного графічного виразу за допомогою ППЗ МП, необхідно змінити математичну модель, на підставі якої програма будує графік процесу (рис. 3.9).



а

б

Рис. 3.8. Відображення на екрані характерографа (а) і спектрографа (б) процесу затухання гармонічних коливань після зміни параметрів процесу

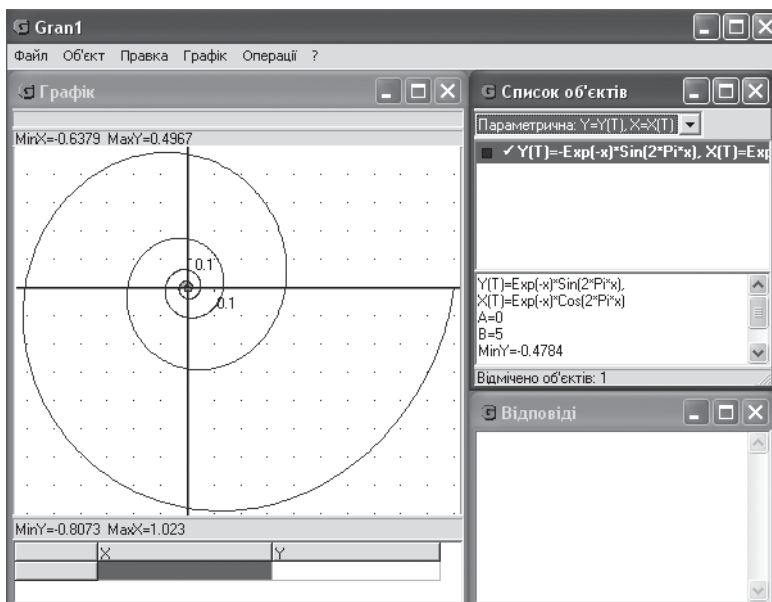


Рис. 3.9. Графічне відображення математичної моделі фазової діаграми коливань, створеної за допомогою ППЗ Gran після зміни параметрів моделі

У випадку використання ППЗ екранний образ визначається заданим математичним виразом і залежить від способу його математичної обробки, яка закладена у комп'ютер програмою. Суттєва відмінність методів вивчення фізичних процесів, що розглядаються, полягає у тому, що осцилографування відноситься до експериментальних методів (включаючи випадки, коли комп'ютер працює в режимі електронного осцилографа), а використання ППЗ – до методів математичного моделювання. Це не взаємовиключні, а взаємодоповнюючі методи як в методичному, так і у методологічному плані. Можливість розгляду одного й того ж фізичного процесу різними методами (способами, засобами) розширюють представлення учнів про методи дослідження природних явищ.

Екранний образ, який створюється під час використання ППЗ, завжди вторинний у тому розумінні, що математична модель фізичного явища, на основі якої будується екранний образ, має бути заздалегідь відомою (за виключенням випадків обробки даних). Завчасна визначеність математичної моделі (виду, форми функціональної залежності) визначає дедуктивний підхід у методиці використання ППЗ. Це не можна вважати недоліком використання розглянутих ППЗ у навчальному процесі, тому що метод математичного моделювання є одним із широко застосовуваних у науці методів дослідження фізичної реальності і має свої переваги, знаходить своє місце у навчальному процесі (рис. 3.10).

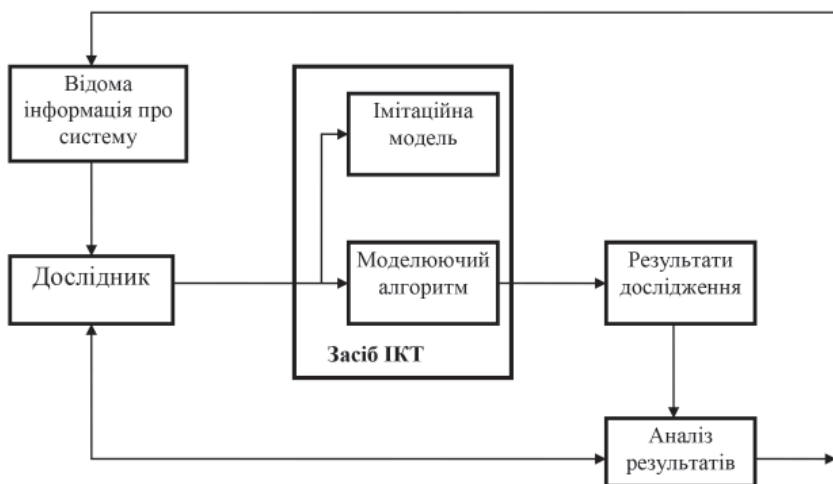


Рис. 3.10. Структура дослідження системи, яка презентована імітаційною моделлю (інфокомунікаційне середовище)

Якщо осцилографування, наприклад, ізотермічного процесу представляється можливим, але досить складним, то представлення цього процесу у вигляді екранного образу через вже в учневі математичну модель (запис у вигляді формули) процесу досить доступно учневі, який використовує такі засоби інформаційних технологій, як ППЗ. Отже, використання ППЗ роз-

ширше область досліджуваних фізичних явищ безпосередньо на уроці без залучення громіздкого експериментального обладнання.

Зміна екранного образу під час осцилографування залежить від зміни реальних параметрів явища, яке вивчається. Зміна екранного образу у разі використання ППЗ залежить від зміни параметрів математичної моделі. Можливість дослідження зміни характеру протікання фізичного процесу залежно від зміни параметрів математичної моделі дають можливість більш детально вивчити фізичний процес (у заданих областях визначення даної функції). Набір чисельних методів обробки, звичайно притаманних обчислювальній техніці, на базі якої побудовані ППЗ, дають можливість математичної обробки математичної моделі, яка використовується.

На рис. 3.11 показано спектр коливань, який розраховано ППЗ *Barsik* на підставі математичної моделі, графічне відображення якої наведено на рис. 3.7.

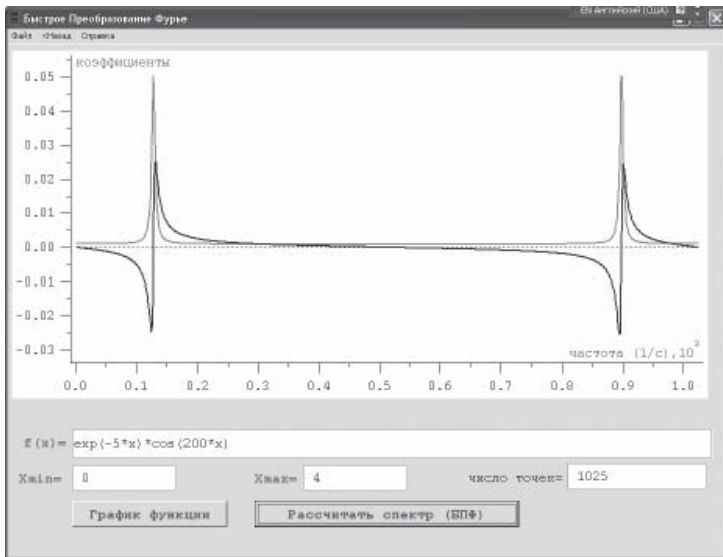


Рис. 3.11. Графічне відображення спектру коливань, який розраховано за допомогою ППЗ *Barsik*

Як уже було сказано, сучасні вимірювальні пристрої, побудовані на базі мікропроцесорної техніки, надають можливість провести математичну обробку результатів експерименту безпосередньо в ході експерименту. Використання ППЗ, у цьому випадку, є опосередкованою, рознесеною у часі діяльністю: формальний вираз фізичної теорії у вигляді математичної функції, отриманої як теоретичне узагальнення результатів експериментальної діяльності, яка проведена за рамками навчального процесу, зазнає математичної обробки безпосередньо у навчальному процесі. Учень стає співучасником дослідницької діяльності не на етапі натурного експерименту, а на етапі обробки результатів

експерименту. Саме для етапу обробки результатів експерименту характерна необхідність аналізу результатів, їх осмислення, яке є етапом розуміння.

Розуміння можна трактувати як конструювання інтерпретацій, які стосуються одночасно як елементів, так і ситуації в цілому. Результатом цієї діяльності є репрезентація ситуації і завдання. Цей результат стає основою інформації, виходячи з якої здійснюється її переробка: конструювання знань, розробка гіпотез відносно дії, прийняття рішення тощо. У свою чергу, конструювання інтерпретацій спрямовується завданням (у нашому випадку – умовою навчальної фізичної задачі). Це приводить до розподілу різних діяльностей розуміння:

1) зрозуміти з метою викликання контекстно потрібної інформації з пам'яті суб'єкта, тобто сконструювати систему інформаційних зв'язків для зберігання її у пам'яті (маючи на увазі її реконструкцію);

2) зрозуміти з метою модифікації системи знань, яка вже існує у суб'єкта (маючи на увазі її збагачення, перерекоструювання та модифікацію);

3) зрозуміти з метою організації власної подальшої діяльності, тобто сконструювати програму дій для отримання бажаного результату (маючи на увазі продуктивну діяльність у проблемній ситуації).

Продуктом інтерпретації є одночасна інтерпретація всієї ситуації і завдання, а також надання різним елементам значень, які відповідають одночасно їх семантичним значенням і цілісній інтерпретації⁹³.

Використанням моделюючих ППЗ дають можливість учню у широких межах модифікувати експеримент (змінюючи параметри математичної моделі), визначати числові значення границь застосування тієї або іншої математичної моделі і, відповідно, спрощеної форми досліджуваного фізичного явища, що допомагає глибше і більш всебічно осмислити фізичний процес.

Експериментальні дослідження підтверджують той факт, що зорові механізми беруть участь у породженні нових образів, завдяки яким стає можливим творче розв'язання проблемної ситуації. Наразі зазначалося, що образне («візуальне») мислення може визначати цілісність розвитку особистості. Створення мисленого образу може відбуватися як з опорою на наочність, так і без неї. Одним з механізмів прояву образного мислення є уява, яка на всіх рівнях своєї реалізації (сприйняття, представлення, уява) продуктивна. Ефективність спрацювання цього механізму залежить не тільки від особливостей особистості, зокрема стильових особливостей пізнавальної діяльності, але й від форми, у якій презентована інформація.

Під час вивчення шкільного курсу математики в учня поступово формується тотожність аналітичного і графічного сприйняття функціональних залежностей (у випадку напряду навчальної діяльності «формула – графік – формула»). Для нього стає зрозумілим, що графічне відображення функціональної залежності – це не якийсь знімок події, а еквівалент події.

⁹³ Ришар Ж.Ф. *Ментальная активность. Понимание, рассуждение, нахождение решений* / Сокр. пер. с франц. Т.А. Ребеко. — М.: Издательство «Институт психологии РАН», 1998. — 232 с.

Аналіз сучасних ППЗ показує, що більшість з них формують екранну подію так, що розпізнавання графічного образу полегшується присутністю на екрані математичного виразу, на основі якого побудовано її графічний образ. Саме така організація екранної інформації є характеристикою педагогічної спрямованості ППЗ.

На рис. 3.12 і рис. 3.13 показано графік додавання функцій, що задані в параметричній формі, які побудовані на екрані комп'ютера різними ППЗ.

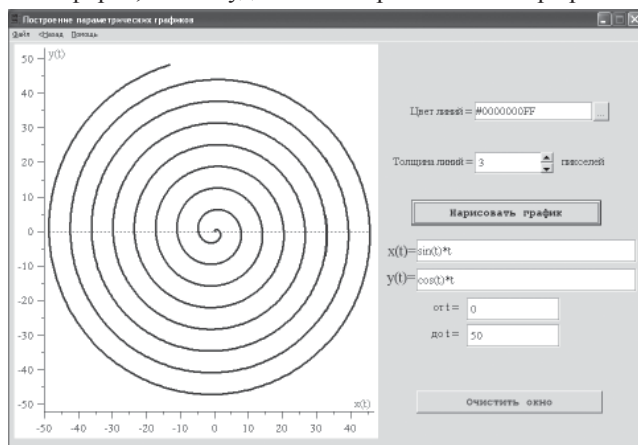


Рис. 3.12. Графік додавання функцій, що задані в параметричній формі, побудований ППЗ Barsik

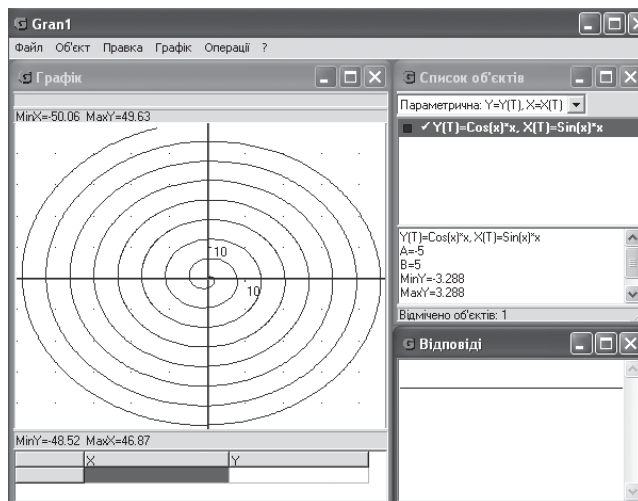


Рис. 3.13. Графік додавання функцій, що задані в параметричній формі, побудований ППЗ Gran

На рис. 3.14 і 3.15 показано графік квадратичної функції, побудованої програмою Origin, яка розрахована на використання професіоналами.

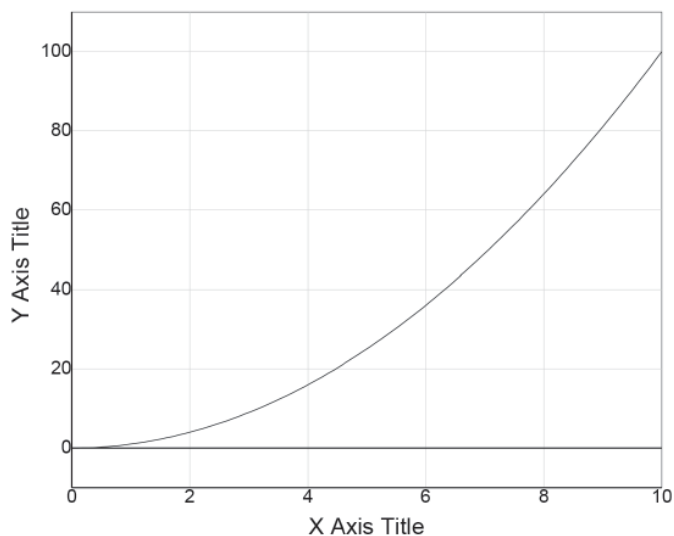


Рис. 3.14. Відображення графіка квадратичної функції, побудованої програмою Origin у декартових координатах

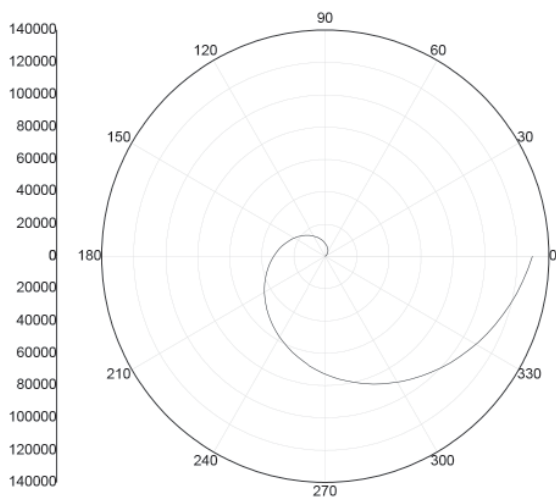


Рис. 3.15. Відображення графіка квадратичної функції, побудованої програмою Origin у полярних координатах

Педагогічні спостереження свідчать про те, що конвергенція аналітичного і графічного представлень опису фізичного процесу допомагає учневі працювати з графічними уявленнями у фізиці. Сформоване розуміння рівнозначності компонентів аналітичного і графічного представлень функціональної залежності має допомагати у діяльності учнів з графічними образами. Але, діяльність у полі звичних аналітичних перетворень, засвоєння яких займає значну частину навчального часу у курсі математики, суттєво відрізняється від діяльності під час оперування з графічними образами аналітичних залежностей, тим більше, що з використанням ППЗ ці перетворення проходять хоча і під керуванням учня, але без його участі.

Чи здійснюється у процесі відображення зорового образу екранної події цей етап ототожнення (графік – формула – графік) чи графічні образи ототожнюються безпосередньо порівнянням з еталонним графічним образом (графік – графік), у загальному випадку невідомо. У літературі ми не зустріли опису спеціально поставлених для роз'яснення цього питання експериментів. Але, на нашу думку, у разі використання графічних представлень для розв'язування навчальних задач, цей етап є вузловим, визначальним. Усі розроблені нами стратегії застосування ІКТ під час розв'язування задач обов'язково включають етап ототожнення зорового образу екранної події з аналітичним описом цієї події (графік – формула – графік), тобто включають етап опосередкування графічного образу. Як показує практика, це допомагає розв'язати принципову проблему ототожнення зорового образу (графічного уявлення функціональної залежності) з описуванням фізичним процесом.

Змістовні і ціннісні аспекти інформації досліджуються у семантичних теоріях інформації, на розвиток яких суттєвий вплив виявила імовірно-статистична теорія інформації К. Шеннона⁹⁴. Математичні теорії інформації виступають як сукупність кількісних (і, у першу чергу, статистичних) методів дослідження, передавання, зберігання, сприйняття, перетворення і використання інформації. У статистичній теорії інформації (за К. Шенноном) під інформацією розуміють відомості, повідомлення, які зменшують неозначеність, яка була до їх отримання. Реальні інформаційні процеси виступають у цих теоріях як єдність випадкового і необхідного. У статистичних сукупностях відношення між причиною і наслідком носять багатозначний характер: причина породжує даний наслідок лише з певною імовірністю.

З точки зору цієї теорії, чим більша відмінність екранної події, яка спостерігається, від очікуваної, тим більше інформації для учня несе в собі екранна подія. Це повністю справедливо за ілюстрованого підходу до застосування графічного образу, коли учень спостерігає функціональну залежність у її графічному втіленні після вивчення її в семантичній (знаковій) формі.

На цьому етапі в учня відбувається формування еталонного зорового образу, на основі якого пізніше виконується аналіз графічних представлень функціональних залежностей (екранних подій). На нашу думку, цей етап найбільш важливий у процесі навчання, тому що формує в учня поняття

⁹⁴ Шеннон К. Работы по теории информации и кибернетике. — М.: Ин. лит., 1963. — 829 с.

інваріантності представлень одного й того ж процесу у принципово різних просторах: у семантичному і фізичному.

Відсутність в учня якого-небудь початкового еталону зорового образу уявленої залежності примушує його засвоїти зовнішні ознаки графічного уявлення цієї залежності, співвіднести їх із зовнішніми ознаками аналітичного виразу (формули) і в подальшому ототожнювати ці ознаки (наприклад, прямопропорційно, оберненопропорційно і т. д.). За А. В. Антоновим⁹⁵ можливості людини в ідентифікації об'єкта досить обмежені. Так, згідно даних низки досліджень під час упізнання різноманітних об'єктів число еталонних образів, з якими зв'язється перцептивний, не перевищує семи–восьми у випадку наявності однієї розпізнавальної ознаки. Ця величина є довжиною оперативного алфавіту і відповідає обсягові оперативної пам'яті. Збільшення числа різних ознак збільшує інформаційну ємність об'єкта. У випадку спостереження екранної події, відірваної від її семантичного образу, який не має опори на теоретичну базу, тобто коли розпізнавання, ототожнення і класифікація неможливі, інформація, яку учні почерпнули з екранної події, нульова, фонові.

Наведені приклади показують, що знаково-символічна діяльність учнів визначається можливостями візуальних засобів на базі інформаційних технологій. Варіабельність можливостей ІКТ навчання і, у першу чергу, можливість активного включення користувача у відеоряд, тобто вплив користувача на розвиток сценарію дії, яка розгортається на екрані комп'ютера, величезні можливості обчислювальних засобів, які дають засоби ІКТ, – усе це якісно відрізняє їх від технічних засобів навчання, які традиційно використовуються.

3.2. Використання графічних представлень складних фізичних процесів у самостійній навчальній діяльності учнів

У процесі педагогічних спостережень за самостійною роботою учнів з використання графічних представлень складних фізичних процесів було помічено, що аналіз процесу протікає у конвенціонально встановлених межах. Це означає, що інтерпретація графічного уявлення абсолютно детермінована тими теоретичними уявленнями щодо досліджуваного процесу, які склались в учня у результаті попереднього логічного аналізу цього процесу. Тут на перший план виходить сприйняття суттєвих ознак процесу, який вивчається, через його зовнішні ознаки.

Очевидно, що розуміння графічної інформації передбачає, у першу чергу, знання і розуміння окремих елементів (наприклад, умовних позначень) чи конструктів даної інформації. І тут не можна формальну сторону відділяти від змістової. Суттєвим є також те, наскільки наочно представлені у графічних образах об'єкти, які підлягають аналізу, і настільки вони доступні сприйняттю учнів. Зокрема, стан максимальної упорядкованості об'єктів у системі, що спостерігається, дає певні переваги щодо розуміння системи. Наприклад, у процесі зорового сприйняття малюнка, як тільки був сприйнятий самий простий з варіантів, він виявився більш стійким, ніж інші. Це пред'являє певні вимоги до використання ППЗ.

⁹⁵ Антонов А.В. *Информация: восприятие и понимание.* –К.: Наукова думка, 1988. – 184 с.

Під доступністю, зазвичай, розуміють таке евристичне поняття, яке можна визначити як деяку сукупність вимірювань, співставлень, яку здійснює спостерігач (частіше за все підсвідомо). Але доступність сприйняття можна також розуміти як позначення легкості чи швидкості, з якою даний зоровий образ кодується у термінах певної категорії за різних рівнів попередньої підготовки, мотивації і контекстності. Існує деякий поріг пізнаваності зорового образу, який, під час роботи з графічним виразом функціональної залежності, визначається кількістю альтернатив, які стоять перед учнем. Як приклад можна навести розпізнавання гармонічних функцій або розрізнення ізотерми і адіабати у різних областях їх визначення (рис. 3.16 , 3.17).

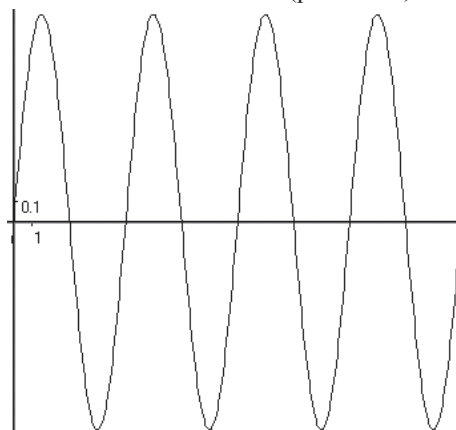


Рис. 3.16. Розпізнавання гармонічних функцій у різних областях їх визначення

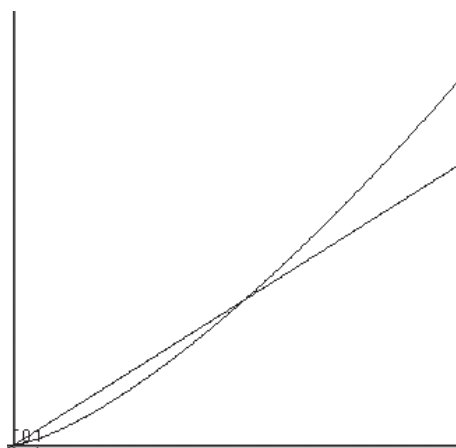


Рис. 3.17. Розрізнення ізотерми і адіабати у різних областях їх визначення

Це справедливо для випадків, коли учень попередньо готовий до того, що всі елементи очікуваного образу зображень рівноімовірні і взаємонезалежні. У випадку взаємозалежності зображень, очевидно, процес пізнання визначається контекстом умови навчального завдання (задачі).

За ранньої вмотивованості зображення у формі гіпотези (наприклад, передбачувана крива повинна, на думку учня, мати цілком визначену форму) ототожнення відбувається швидше, легше розпізнаються елементи невідповідності отриманої інформації з очікуваною. Тут певна установка пошуку формується ситуацією, яку створює сам учень. Висуваючи гіпотезу, учень самостійно формує градації співпадіння результату, який описується, з еталонним зразком, у більшості випадків сформованим попереднім теоретичним знанням. Ототожнення з еталоном зводиться до перевірки ознак (наприклад, $\sin x = 0$ при $x = 0$, адіабата більш крута, ніж ізотерма в координатах pV тощо).

У численній літературі, у якій розглядаються питання розпізнавання образів, психологічні експерименти проводяться з випадковим для піддослідного набором образів. У нашому випадку побудова образу виконується під керівництвом учня. Це, природно, багато в чому змінює механізм розпізнавання. Ми не проводили спеціальних експериментів на розпізнавання, а обмежились тільки педагогічними спостереженнями, спробувавши описати феномени, які спостерігались, у загальноприйнятих у педагогічній психології термінах.

Правила, які керують створенням зорових образів, активно вивчались гештальтпсихологами, основним відкриттям яких було те, що зір є процесом сприйняття навколишнього світу, у якому місце і функція кожного окремого елементу детерміновані структурою процесу в цілому (Р. Арнхейм, 1974, М. Вертгеймер, 1987, К. Дункер, 1965). Усі компоненти цієї універсальної структури, яка розподілена у просторі й часі, тісно взаємопов'язані, так що, наприклад, колір об'єкта, що сприймається, залежить від кольорів об'єктів з його оточення.

Гештальтпсихологи плідно вивчали закони візуального сприйняття і на основі експериментальних досліджень висунули цілу низку важливих принципів і законів. Серед них – константність образу, контраст «фігури і фону», закон співвідношення частини і цілого і т. д. Розвиваючи ці принципи, гештальтпсихологи намагались довести, що сприйняття людини носить цілісний характер і будується на основі цілісних структур, гештальтів. Сучасні дослідники (К. В. Судаков, 2002, О. А. Юріна, 2004, Л. І. Лур'є, 2010), враховуючи досвід використання засобів ІКТ, підкреслюють, що графічна модель виступає засобом підтримки інтуїції цілісного «схоплювання» ситуації, не дозволяє мисленню дослідника загубитися на рівні подробиць досліджуваних систем.

Незвичайність комп'ютерної графіки полягає, на їх думку, в тому, що багато видів діяльності, які раніше здавалися не пов'язаними із зображеннями, зараз уже можуть розглядатися як такі, що презентуються за допомогою засобів машинної візуалізації. «Для нового наукового мислення характерне формування «інтелектуальної образності», «почуттєвого моделювання». Таке мислення знаходить собі «гарматну» основу в розвинутому інструментарії екранної культури. Якісний стрибок у використанні екранної мови – не просто стрибок у методології, це перехід до нових психологічних основ наукового пошуку»⁹⁶.

Неможливо відкидати також вплив естетичного уявлення на правильність формування зорового образу і на процес його запам'ятовування. Як показує досвід, під час побудови графіків саме естетичне почуття диктує вибір масштабу, розміщення графіка на площині (у просторі) екрану. На думку В. В. Лазарева, «...комп'ютер можна розглядати як явище культури знакових систем. У культуру знакових систем комп'ютер входить, вносячи нові уявлення про опосередкуючі функції знаків і архітектури знакових систем, як принципово новий тип літературно-аудіовізуального тексту, що самотрансформується завдяки закладеній програмі і діалогові з людиною. Отже, комп'ютер (у своїй програмній частині) є знакова система, що самотрансформується»⁹⁷. Якщо інтелектуальне знання має справу з логічними категоріями, то художнє сприйняття, не будучи інтелектуальним процесом, однак спирається на певні структурні принципи, які Р. Арнхейм називає «візуальними поняттями». На основі цього він приходить до ідеї «візуального мислення», яке розвиває у книжці «Візуальне мислення»⁹⁸.

Аналіз екранного уявлення, таким чином, крім аналітичної, змістовної несе в собі естетичне, інтуїтивне навантаження. Спостерігач аналізує графічне зображення як предмет мистецтва, як цілісне утворення, оскільки складові елементи цього зображення є одиницями, через візуальні властивості яких розкривається зміст зображення. Можна казати, що скоріше розпізнається і краще запам'ятовується те графічне зображення, яке найбільш тісно відповідає сформованим раніше естетичним уявленням спостерігача про організацію простору зображення як закінченого цілого. Проявляється ефект «естетичної мотивації».

Різна естетика екранного відображення, яке відтворено різними програмними засобами, показано на рис. 3.18 і рис. 3.19.

⁹⁶ Виттерхоф-Шпурк П. Медиапсихология. Основные принципы / Перевод с немецкого – Х.: Изд-во Гуманитарный Центр. 2007. – 288 с.

⁹⁷ Лазарев В. В. Общая теория права и государства. — М.: Юристъ, 2001. — 520 с.

⁹⁸ Арнхейм Р. Визуальное мышление. — М., 1981. — 368 с.

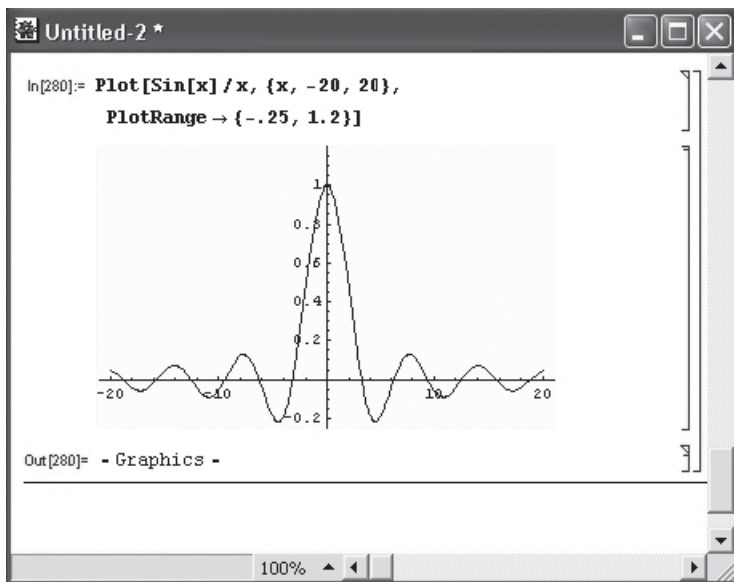


Рис. 3.18. Приклад побудови графіку функціональної залежності системою комп'ютерної алгебри Mathematica

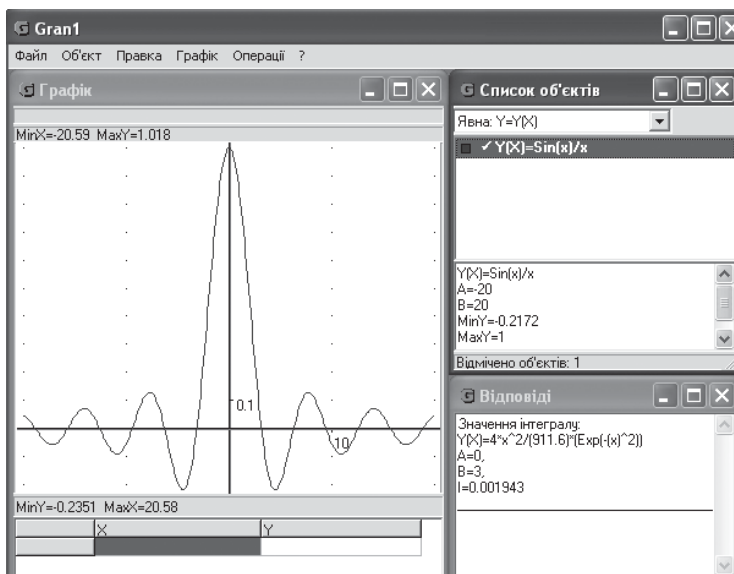


Рис. 3.19. Приклад побудови графіку функціональної залежності педагогічним програмним засобом Gran

У процесі використання засобів ІКТ під час вивчення фізики треба пам'ятати про те, що комп'ютер у режимі роботи під управлінням ППЗ не є вимірювальним приладом, у якому найменування і масштаб координатних осей задається методикою експерименту.

Значно більша інформація доступна для спостереження у випадку роботи комп'ютера в режимі осцилографа. На рис. 3.20 наведено приклад, коли спеціальне програмне забезпечення надає можливості користувачу працювати з комп'ютером як з осцилографом (повна імітація).

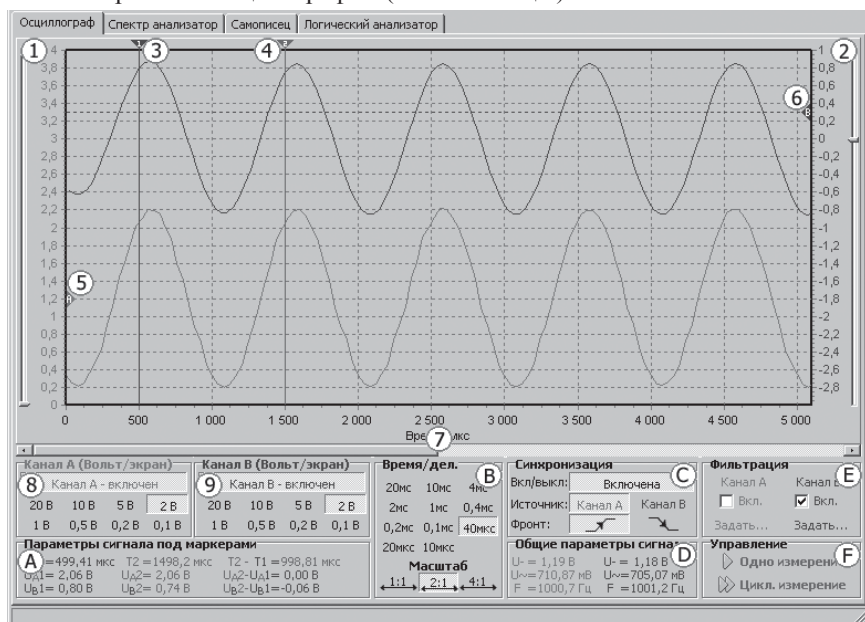


Рис. 3.20. Приклад використання комп'ютера як осцилографа

Педагогічно орієнтовані імітації вимірювальних засобів на базі ІКТ відтворюють на екрані певну кількість інформації, яка, на думку розробників відповідного програмного продукту, відповідає цілям навчальної діяльності (рис. 3.21 і рис. 3.22).

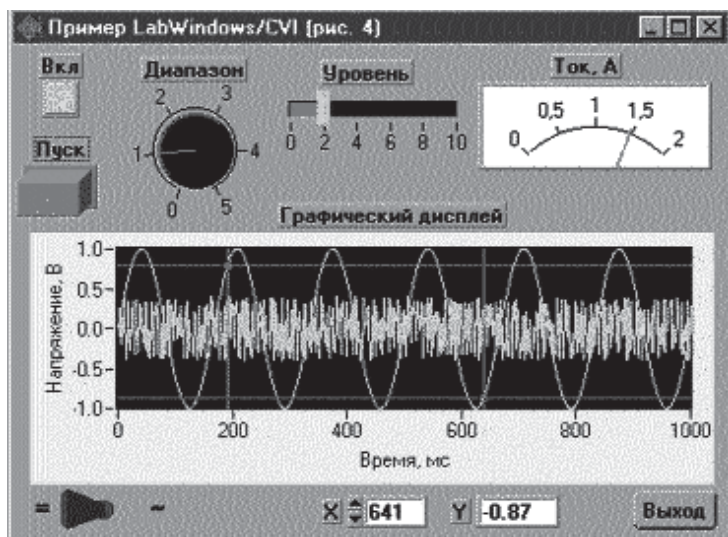


Рис. 3.21. Приклад відображення на екрані моделі предметно-інформаційного середовища

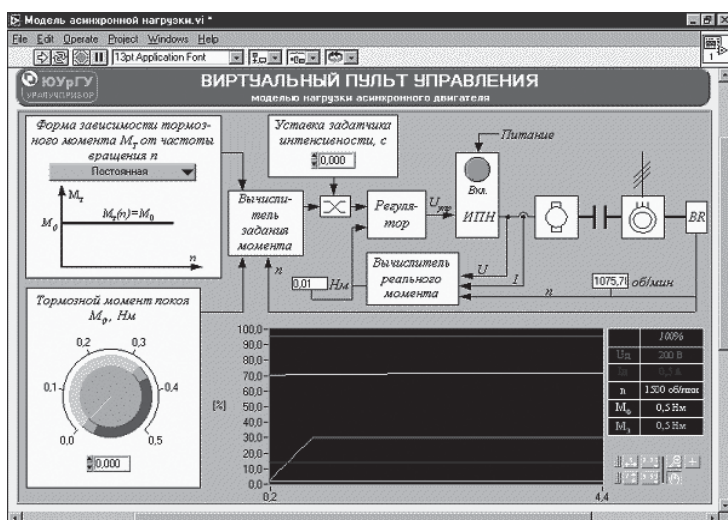


Рис. 3.22. Приклад відображення на екрані моделі предметно-інформаційного середовища

На відміну від наведених вище прикладів, під час використання ППЗ ототожнення просторових напрямків екрану, який організований математичною моделлю, може представляти окрему достатньо складну задачу.

Але естетичний досвід – це досвід особливого роду. Крім утилітарних цілей використання графічних засобів, образ, який формується, шукає опору в індивідуальному естетичному досвіді, інтуїтивному пошуку співвідношення частини і цілого у графічному уявленні. Педагогічні спостереження показують, що до 10 % учнів у процесі навчання побудови графіків функцій, які задані табличним способом, стійко повторюють помилку перенайменування осей координат, вибираючи не традиційний (договірний) їх напрям. Ця помилка «найменування осей» ще більш помітно проявляється в аналізі графіків, які побудовані на екрані комп'ютерною програмою. Навчання правильному найменуванню осей, тобто інтерпретації просторових напрямків екранного зображення, варто проводити на спеціально підібраних задачах, у процесі розв'язування яких виникає необхідність побудови функцій $y = f(x)$ і $x = f(y)$. Як приклади наведемо графіки функцій $y = x^3$ і $y = x^{0,33}$ (рис. 3.23).

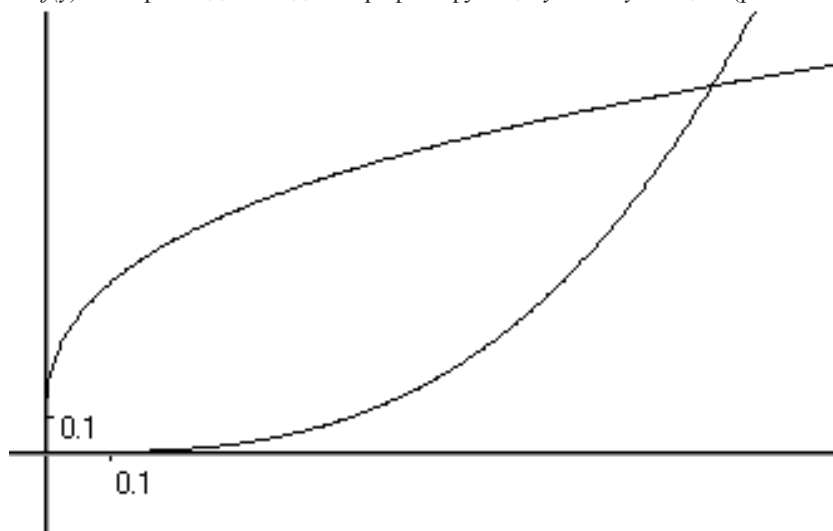


Рис. 3.23. Інтерпретація просторових напрямків екранного зображення

Відомий психолог Б. Ф. Ломов⁹⁹ звертає увагу на те, що «...у процесі навчання графік виступає опорним образом для знань з фізики. Графік, як своєрідний вид зображення, має низку особливостей, що відрізняють його від всіх інших видів зображення. Якщо на малюнках і кресленнях зображуються головним чином просторові відносини предметів, то на графіку має місце зображення не предметів, а явищ або процесів. Для графіка неважливо, що (який предмет) рухається, а важливо сам рух у його просторовій, тимчасовій і кількісній характеристиках.

⁹⁹ Ломов Б. Ф. *Формирование графических знаний и навыков у учащихся*. – М.: Изд-во АПН РСФСР, 1959. – 270 с.

У графіках зображуються не самі по собі просторові (і це відрізняє його від траєкторії), тимчасові (і це відрізняє його від хронограми) особливості механічного руху, а їхні взаємини. Тому-то питання щодо оволодіння умінням читати і будувати графіки становить особливий інтерес для вивчення взаємин між просторовими, часовими і кількісними уявленнями».

Розумова діяльність під час формування зорового образу не обмежується тільки обробкою інформації. Результатом підсумовування інформації людиною є формування якісно нового уявлення про ситуацію, формування індивідуального чуттєвого образу, який є деяким узагальненням представлень. Операція узагальнення дозволяє проникнути у суть процесу, який розглядається. Цей перехід від одиничного до загального відкриває можливість класифікації, тобто розподілу об'єктів за класами й об'єднання їх під однією рубрикою. Класифікація, у свою чергу, породжує генералізовані поняття, без яких пізнання не може бути успішним. У цьому, на нашу думку, виявляється взаємозв'язок естетико-інтуїтивного і логіко-дедуктивного процесів, які присутні у ході використання графічних представлень для аналізу функціональних залежностей між параметрами фізичних (у нашому випадку) процесів.

Фізика, як наука, яка вивчає фундаментальні природні процеси, оперує багатьма генералізованими поняттями. Дефініція більшості цих понять залежить від рівня наших знань про процеси і явища, які ними позначені. Але існують і відносно постійні поняття, опосередковані від конкретних процесів і явищ. З них досить важливим є поняття «траєкторія», тому що з траєкторією пов'язана більшість графічних представлень. Генералізоване поняття «траєкторія» формується в результаті інтуїтивного розуміння різних властивостей і ознак якоїсь однієї траєкторії або ознак, які притаманні різним траєкторіям, з якими людина стикається у своїй практиці. Це інтуїтивне формування поняття, у процесі якого перебудовується і створюється структура часткових випадків, відрізняється від індивідуальної процедури класифікації у традиційній логіці, коли розподіл об'єктів за класами відбувається шляхом повного виключення загальних елементів. Як приклад тут можна знову навести фігури Ліссажу (результату додавання взаємоперпендикулярних гармонічних коливань), адекватне тлумачення яких учнями пов'язане з певними труднощами.

На рис. 3.24–3.26 наведені криві Ліссажу, які отримані після додавання двох взаємоперпендикулярних коливань, які протікають за законами $x(t) = \sin 2t$; $y(t) = \cos 3t$.

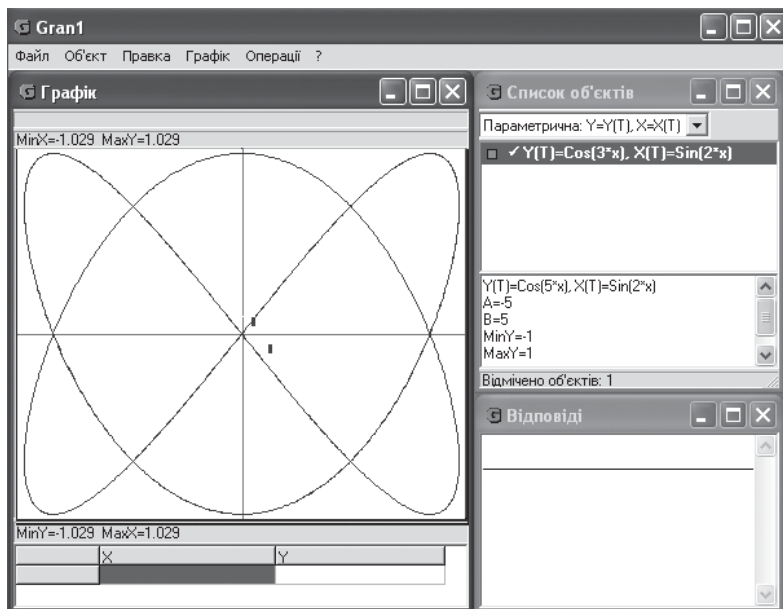


Рис. 3.24. Відображення математичної моделі «фігури Ліссажу», побудованої ППЗ Gran

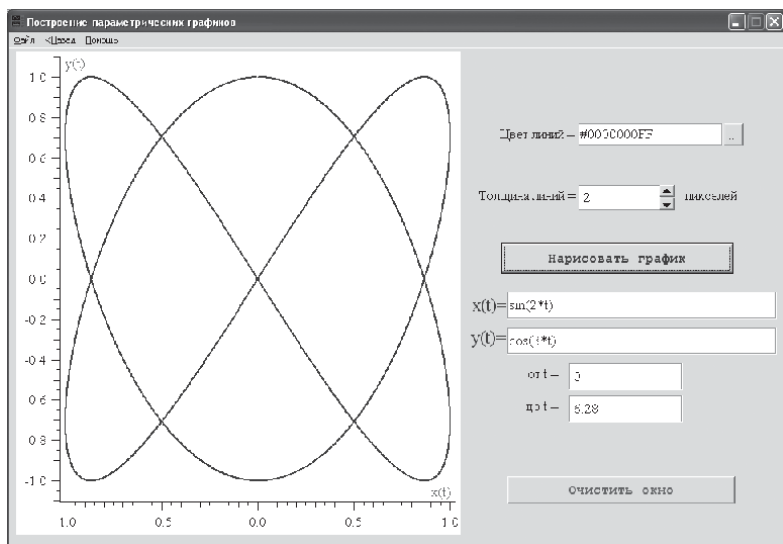


Рис. 3.25. Відображення математичної моделі «фігури Ліссажу», побудованої ППЗ Barsik

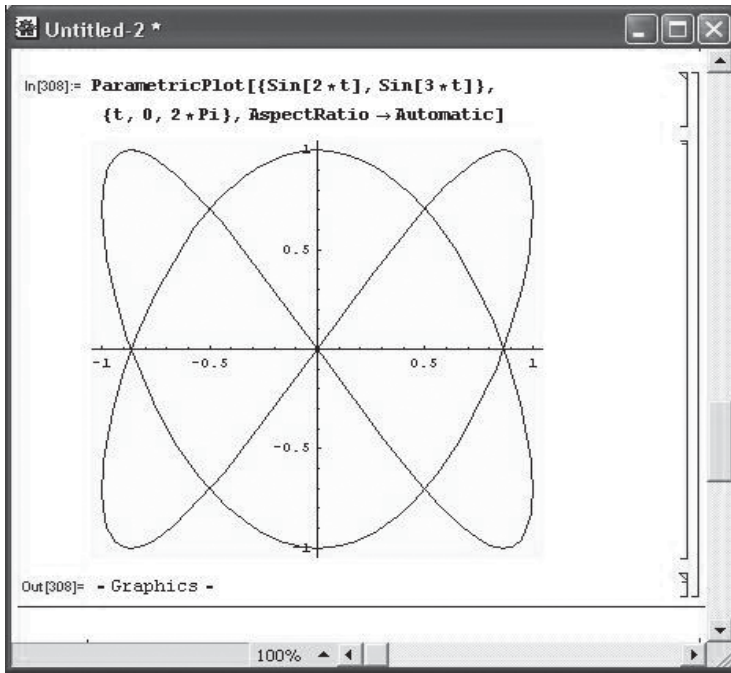


Рис. 3.26. Відображення математичної моделі «фігури Ліссажу», побудованої програмою *Matematica*

У даному випадку графічний образ (екранна подія), який спостерігається на екрані як нерухомий, за своєю суттю є траєкторією руху точки у просторі (або у фізично існуючому просторі під час додавання механічних коливань, або у фазовому просторі – додавання, наприклад, електричних коливань). Залежності переміщень від часу присутні тут як уявний образ. Без заздалегідь проведеного теоретичного аналізу інтерпретація зорового образу не здається можливою.

З іншого боку, поняття форми траєкторії має відносний характер. Не можна говорити про форму траєкторії взагалі, мова може йти про форму траєкторії у даній системі відліку (системі координат). Траєкторією є і, наприклад, ізотерма, але в деякому фазовому просторі, де стан системи зображується точкою у цьому просторі, яка теж «рухається» за деякою траєкторією (фазовою траєкторією). Взагалі система може не мати фізичного змісту системи матеріальних точок. Саме це дає можливість учневі правильно інтерпретувати процеси, які спостерігаються, наприклад, у дослідженні додавання взаємоперпендикулярних коливань струму або напруги в електричному колі. Осцилоскоп під час безпосереднього вимірювання і комп'ютер під час

моделюючої дії візуалізують саме фазову траєкторію, яка зображує зміну з часом стану досліджуваної системи.

У той же час, графічне зображення результату додавання однаково спрямованих коливань розпізнається досить легко. На наш погляд, це пояснюється тим, що одним із структурних елементів графічного образу є шкала часу.

На рис. 3.27 показано додавання однаково спрямованих коливань, які відповідають математичним виразами:

$$y_1(t) = \sin 2t;$$

$$y_2(t) = \cos 3t;$$

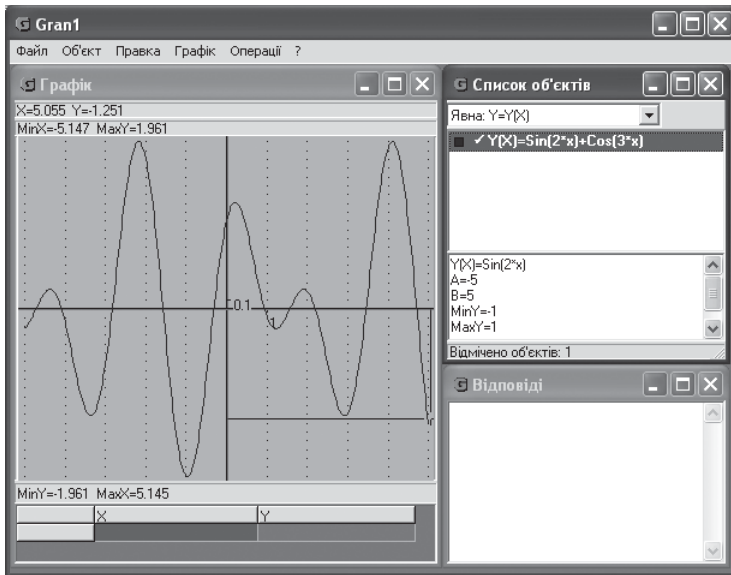


Рис. 3.27. Графічне відображення результату додавання однаково спрямованих коливань, створеного за допомогою ППЗ *Gran*

Але, в обох випадках характерною є вимога постійного звернення до теоретичної опори, тобто, використовуючи термінологію інформатики, віртуального звернення до заздалегідь сформованого образу фізичного процесу або способу його описання.

Варто зауважити, що необхідність утримувати в пам'яті («розумовим поглядом») деякі особливості графічних представлень у фізиці й математиці притаманна не тільки екранним графічним образам. Так, використання векторних діаграм для аналізу періодичних процесів припускає «бачити» за статичним малюнком векторів систему, яка обертається. Більш простою вимогою звернення людини до «розумового погляду» можна назвати уявлення часу у вигляді шкали часу.

Важливим питанням застосування у навчанні графічних образів є питання, до якого вигляду має бути зведена графічна інформація, щоб спостерігач міг здійснити її несуперечну інтерпретацію. Як відомо, зорове відчуття само собою не забезпечує предметного відображення. Предметність екранної події, яка формує зоровий образ, виявляється у розумовому призначенні фізичної суті координатних осей і їх масштабу. Це здійснюється учнями на основі заздалегідь відомих властивостей параметрів, які закладені у математичній моделі. Один і той же зоровий образ наповнюється фізичним змістом залежно від контекстності.

Прикладом залучення контексту педагогічної ситуації до розуміння фізичного процесу є відображення на екрані комп'ютера всіх предметів, які беруть участь у дослідженні (рис. 3.28), тобто візуалізації певного ступеня спрощеної моделі предметно-просторового середовища.

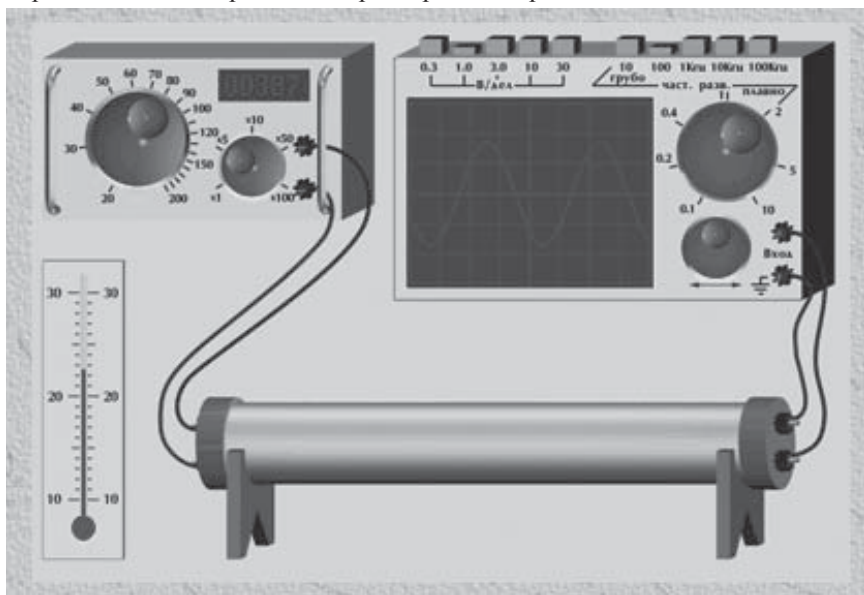


Рис. 3.28. Приклад відображення на екрані комп'ютера моделі предметно-просторового середовища

Нарешті, більше фантазії потрібно для аналізу зображення в умовних («за означенням») фазових просторах (наприклад, залежність потужності від сили струму; залежність тиску газу від об'єму і т. ін. (рис. 3.29 і рис. 3.30).

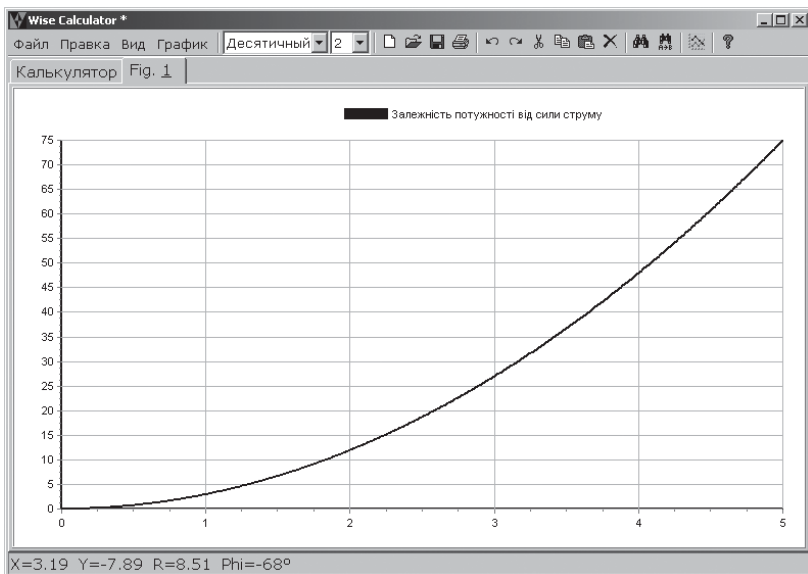


Рис. 3.29. Відображення квадратичної функції як математичної моделі залежності потужності від сили струму

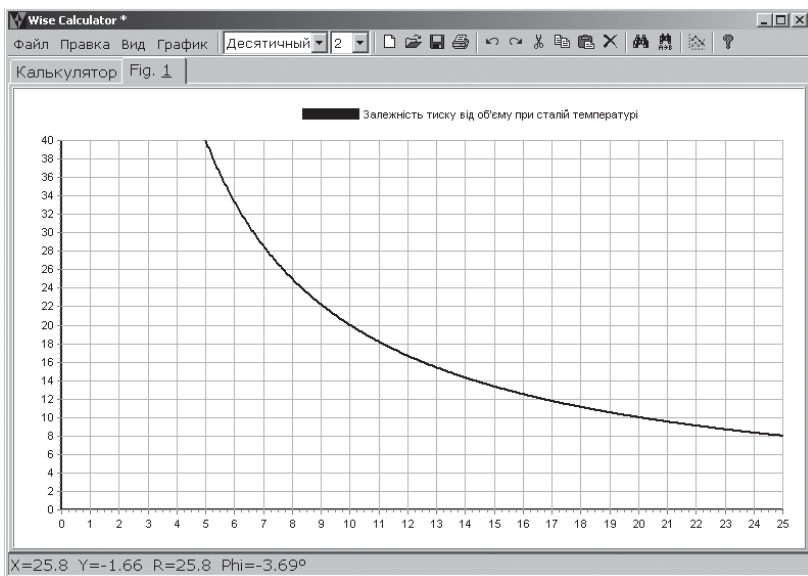


Рис. 3.30. Відображення гіперболічної функції як математичної моделі залежності тиску від об'єму

Під час аналізу графічного уявлення перцепти можуть бути абсолютно тотожними, тобто форма, колір, величина і т. д. можуть повністю співпадати. У той же час їх концептами є абсолютно різні за своєю фізичною природою процеси. Тотожність перцептів є візуалізацією тотожності математичного опису даного класу об'єктів пізнання. Цілісність сприйняття зорового образу, сформованого екранною подією, складається на основі узагальнення знань про природу фізичного процесу, який є джерелом сформованого образу.

Образ сприйняття (графічне уявлення деякої функціональної залежності) є абстрактною графічною структурою, відтвореною на екрані комп'ютера засобами ІКТ. Формування зорового образу, як у всіх випадках зорової діяльності, проходить через різні стадії перцептивної діяльності. Через те, що сприйняття за самою своєю природою вибірне, то наведена графічна інформація може бути джерелом перцептивної діяльності різного рівня спільності.

Згідно визначенню Шеннона, інформація – це, у першу чергу, вибір альтернатив. Приоритет вибору визначається людиною залежно від сформованої мети діяльності. У розглядуваному випадку передумовою сформованості мети діяльності з графічним образом є включення його до контексту ситуації. Тоді цей образ природно включається до стратегії пошуку розв'язку (або в цілому, або у якості фрагменту), тобто стратегії діяльності для виходу з проблемної ситуації. Як локальна мета діяльності учіння може виступати, наприклад, підтвердження (або спростування) гіпотези у пізнавальному процесі. Тому інформація, яка веде до підтвердження гіпотези, є для учня більш цінною, тому що зменшує невизначеність, яка існувала до спроби. Астрофізик К. Саган¹⁰⁰ (США) пише: «Може бути, що найважливіша функція комп'ютерної графіки полягає в тому, щоб дозволити людям, що не є вченими, одержати інтуїтивне, але глибоке розуміння того, що таке закони природи взагалі».

3.3. Прийняття рішень на підставі графічного подання на екрані комп'ютера функціональної залежності досліджуваного процесу

Важливість ознайомлення учнів з графічним способом подання інформації про будь-який об'єкт, явище чи процес пояснюється широким спектром його застосування в сучасній науці і техніці та в різних галузях практичної діяльності людини. Графіки є найбільш точними засобами ілюстрації функціональної залежності між величинами і параметрами, що описують досліджуваний об'єкт. Поряд з цим, графіки сприяють розвитку наукового стилю мислення школярів і спонукають їх до дослідження явищ і процесів із кількісного боку. Використання графіків у процесі пояснення нового матеріалу вчителем і під час самостійної роботи учнів у ході виконання різноманітних практичних вправ і задач, самостійних дослідів, спостережень і т. п., дозволяє значно глибше розуміти кількісні взаємозв'язки між явищами і процесами.

¹⁰⁰ Саган К. *Драконы Эдема. Рассуждения об эволюции человеческого мозга.* – М.: Знание, 1986. – 256 с.

Зазначимо, що чинна програма з математики забезпечує достатній базис для запровадження графічного методу у шкільному навчальному процесі з фізики.

Графічний спосіб подання інформації у навчальній і практичній діяльності людини охоплює різні графічні зображення, починаючи від діаграм у прямокутній системі координат і закінчуючи номографією, що здебільшого охоплює зміст курсу математики.

Доцільність графічного методу під час вивчення шкільного курсу фізики впливає із самого змісту і методів науки фізики, бо графіки широко використовуються як для обробки результатів дослідів, так і з метою дослідження й наочного подання її основ. Урешті-решт, в окремі періоди розвитку науки фізики графічні й геометричні зображення відігравали вирішальну роль в одержанні конкретних наукових результатів. Досить переконливим прикладом у цьому є концепція Фарадея, згідно якої силовому полю надавалася геометрична інтерпретація. Тут буде цікавим зазначити, що реально, як це зараз добре відомо, силові лінії електричного чи магнітного поля не існують. Однак, такий підхід дає можливість не лише характеризувати поле у певному об'ємі, а й дозволяє змодельовати його графічно з використанням реальних об'єктів, наприклад, у класичному демонстраційному досліді за допомогою залізних ошуків під час ілюстрації магнітного поля (рис. 3.31) чи під час ілюстрації магнітного поля прямого струму, коли використовується відповідний програмний засіб (рис. 3.32).

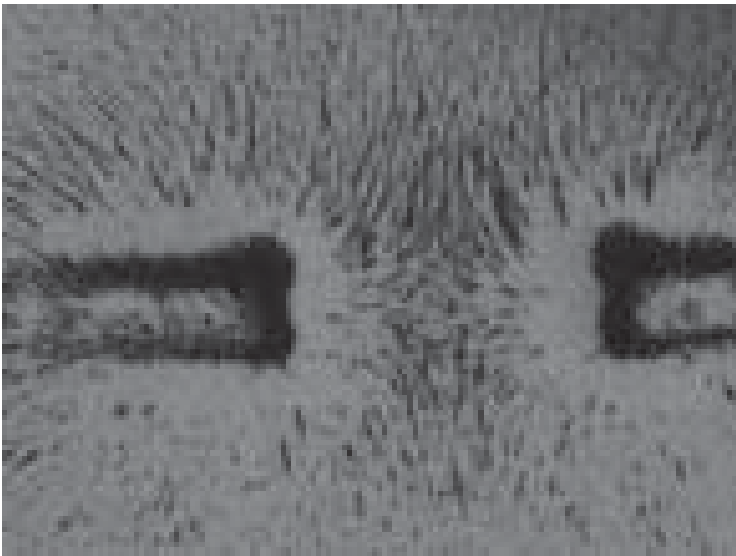


Рис. 3.31. Фотографія розташування залізних ошуків між полюсами магніту



Рис. 3.32. Екранне відображення комп'ютерної моделі магнітного поля прямого електричного струму

У дидактичному аспекті зображення певної функціональної залежності у вигляді графіків є неоцінно важливим, бо графіки сприяють розвитку теоретичного стилю мислення учнів і виробляють у кожному з них чітке і ясне розуміння самих явищ і закономірностей, які складають основу змісту навчальної дисципліни. Графік дозволяє уточнити, як саме залежить одна величина від іншої і поступово створити в учнів уявлення про характер цієї залежності: зростання функції, наявність у ній максимуму чи мінімуму, середнє значення функції тощо (рис. 3.33, 3.34).

D6	= \$A6*TAN(0,523599)-\$A6*\$A6^9,81/(2*60*60*COS(0,523599)*COS(0,523599))									
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1				V=60 м/с						
2	Відстань	град	20	30	45	60				
3	по гориз.	рад	0,349066	0,523599	0,785398	1,047198				
4	0		0	0	0	0				
5	10		3,485404	5,591839	9,727497	16,77553				
6	20		6,662209	10,82034	18,90999	32,46105				
7	30		9,530415	15,68552	27,54749	47,05657				
8	40		12,09002	20,18736	35,63999	60,56209				
9	50		14,34103	24,32586	43,18749	72,97761				
10	60		16,28344	28,10103	50,18998	84,30313				

Рис. 3.33. Математична модель руху тіла, кинутого під кутом до горизонту (Excel)



Рис. 3.34. Графічне відображення траєкторії руху тіла, кинутого під кутом до горизонту (*Excel*)

У системі шкільного фізичного експерименту важливе місце займають графіки під час обробки й аналізу результатів у більшості навчальних експериментів, а в цілій низці лабораторних робіт графік є обов'язковим об'єктом вивчення у ході виконання експериментального дослідження.

Маючи на меті акцентувати увагу на можливостях запровадження графічного способу одержання інформації у системі шкільного фізичного експерименту, розглянемо фронтальні лабораторні роботи й роботи практикуму, бо вони більшою мірою спираються на самостійну роботу учнів, активізуючи цим їхню пізнавальну діяльність.

У процесі виконання лабораторних робіт і самостійних дослідів учні одержують уявлення про методи, які використовуються в наукових дослідженнях, знайомляться з методами вимірювання фізичних величин, установлюють і перевіряють фізичні закони і закономірності, визначають конкретні фізичні величини та співвідношення між ними і таке інше. Однак, на лабораторних заняттях результати вимірювань обговорюються далеко не завжди, не завжди робляться узагальнюючі висновки, тому цінність й ефективність цих занять знижується.

Одні лише маніпуляції з фізичними приладами формують, безперечно, навички роботи з ними, але не виробляють критичного підходу до результатів

роботи, не привчають до аналізу окремих вимірювань й оцінки їх похибок, а в низці випадків навіть не сприяють розумінню найважливіших сторін явища, для ознайомлення з яким була поставлена лабораторна робота. Як показує практика, користуючись графіками, можна легко контролювати і поліпшувати спостереження і вимірювання, наприклад, у випадках, коли експериментальні дані неточно співпадають із заданою кривою. Якщо хід фізичного процесу, який досліджується в лабораторній роботі, невідомий, то графік дає уявлення про нього і дозволяє досить швидко з'ясувати, яка залежність існує між фізичними величинами. Досить важливим є і той момент, що графік дозволяє виконати низку додаткових розрахунків.

Прикладом сказаному може слугувати лабораторна робота з фізики «Вимірювання жорсткості пружини». Одержавши серію вимірювань у ході виконання роботи, учні відкладають на координатній площині точки, які відповідають результатам вимірювань і проводять пряму так, щоб одержані точки розмістилися б по можливості симетрично з обох боків прямої на мінімальній відстані від неї. Тут важливо пояснити, чому не всі точки збіглися з прямою. Потім уже сформулювати залежність сили пружності від видовження пружини. Таке осмислення результатів вимірювань веде до мети, для досягнення якої ці вимірювання проводилися: встановлюється прямо пропорційна залежність між силою пружності і видовженням пружини, що наочно зображається на графіку; вимірюється жорсткість пружини; визначаються похибки кожного вимірювання.

Виконуючи це завдання внаслідок зменшення модуля діючої сили, на основі графічного зображення результатів вимірювань можна наочно показати, у чому саме полягає суть пружної деформації. У ході такого аналізу експерименту кількісна сторона пружної деформації приводить до формулювання й узагальнення закону Гука, а також до вияснення принципу дії і будови динамометра, що широко використовується на практиці.

Позитивно оцінюючи такий підхід у дослідженні залежності між силою пружності і видовженням пружини, зазначимо, що наразі учні навчаються правильно будувати графік встановленої залежності, поглиблюючи свої знання з математики, і використовують їх для одержання нових знань з фізики. Зрозуміло, що, продовжуючи поглиблене вивчення законів деформації, доцільно суттєво ускладнити експериментальне завдання і, наприклад, далі розглянути закономірності непружної деформації, дослідити межу пружності, міцності і т. п.

Використання комп'ютерних засобів припускає автоматичну побудову графіків залежностей між досліджуваними параметрами фізичного процесу, які «виникають» на екрані після введення даних вимірювань цих параметрів (рис. 3.35).

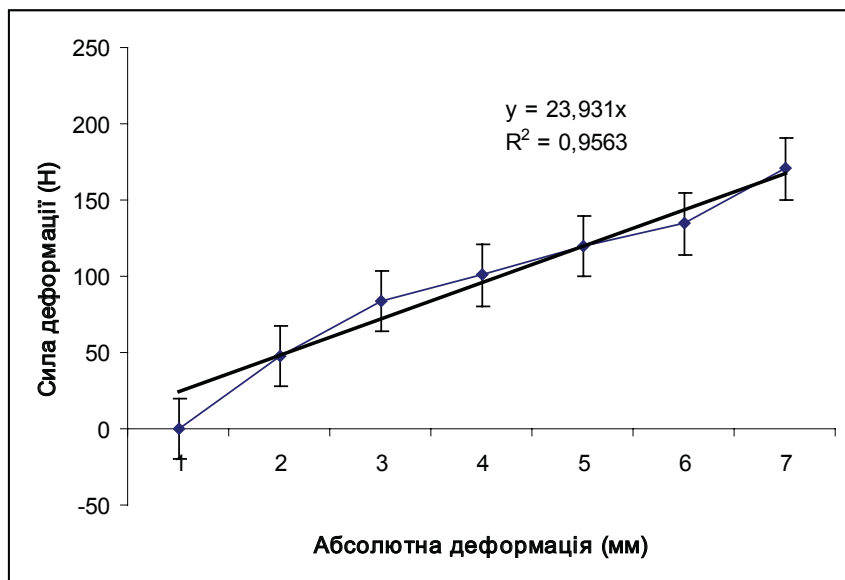


Рис. 3.35. Залежність сили деформації від абсолютної деформації (видовження) пружини (*Excel*)

Використання саме графічного способу одержання інформації про закономірності фізичних процесів, на нашу думку, якраз найбільшою мірою відповідає вимогам активізації пізнавальної діяльності старшокласників.

Як показує аналіз, важливим чинником під час самостійних лабораторних досліджень є знання і розуміння учнями графіків, наприклад, у ході виконання роботи «Вимірювання прискорення вільного падіння»; роботи «Вивчення руху тіла, кинутого горизонтально», роботи «Вивчення закону збереження імпульсу»; роботи «Вимірювання потужності на валу електродвигуна» та інших, що описані у багатьох посібниках.

На рис. 3.36 показано узагальнену стратегію діяльності учня під час використання засобу ІКТ для опрацювання результатів навчального експерименту, у якому передбачено вимірювання параметрів фізичного процесу, тобто отримання числових значень, які конкретизують математичну модель досліджуваного явища.

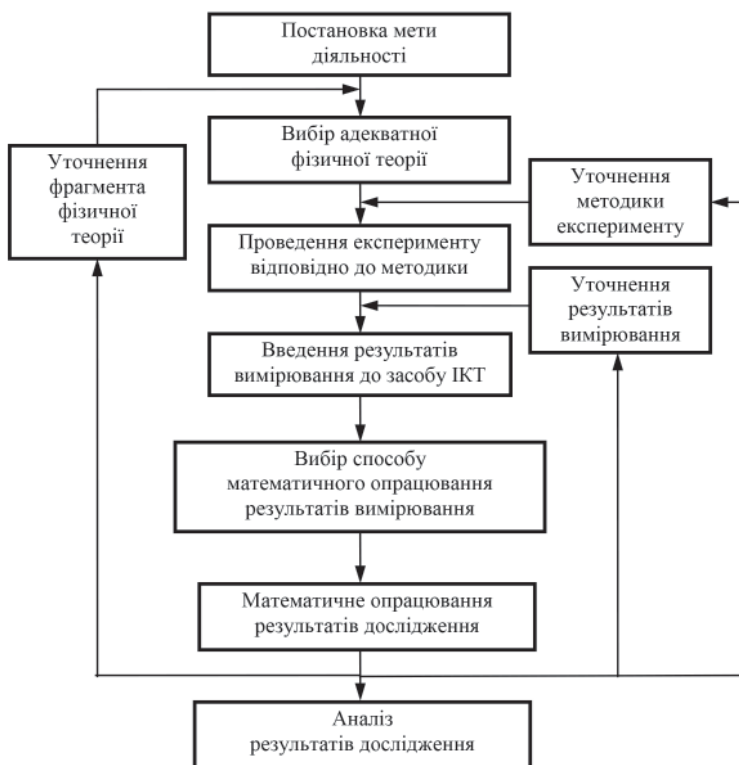


Рис. 3.36. Стратегія діяльності учня в процесі використання засобу ІКТ для опрацювання результатів навчального експерименту

Важливість ознайомлення учнів із графічним методом дослідження впливає також і з психологічного аналізу навчального процесу. У ході широкого застосування графічного методу залучаються не лише мислення, пам'ять учнів, а й зір і моторні дії, формуються і розвиваються навички охайного і швидкого виконання креслення, користування креслярським інструментом тощо. Крім того, графічні вправи, які замінюють різні обчислення, потребують меншої логічної напруженості, аніж саме обчислення. Тому з метою чергування на уроці різноманітних за логічною складністю форм активної діяльності учнів, графічний метод слід використовувати досить широко. Водночас засвоєння його принципів поступово переросте в навички, якими учень зможе користуватися у своїй практичній діяльності.

Отже, у навчальному процесі з фізики й у системі шкільного фізичного експерименту графічний метод може використовуватися: а) для розкриття і розуміння суті залежностей між певними характеристиками і фізичними

величинами, що описують об'єкт вивчення; б) як засіб ілюстрації функціональних залежностей, що встановлюються, вивчаються чи перевіряються, і чіткого усвідомлення характеру цієї залежності; в) з метою екстраполяції одержаних результатів, спрощення окремих розрахунків і обчислень, остаточного формулювання висновків про наслідки виконаних досліджень; г) з метою активізації навчально-пізнавальної діяльності учнів у навчальному процесі; д) для узагальнення і систематизації кола питань, що підпорядковані певним законам і закономірностям.

У результаті реалізації фрагменту діяльності, пов'язаного з використанням графічного образу, учень може прийти до результату, який лише частково задовольняє його. Однак, досягнення локальної мети діяльності слід співвіднести із суб'єктом діяльності із загальним планом розв'язання проблемної ситуації. Мета виступає тут як деяке випереджаюче відображення дійсності, як відображення потреби.

Спираючись на уявлення про активність відображення, у працях П. К. Анохіна, Н. О. Берштейна, М. Є. Введенського, О. Р. Лурія, Д. М. Узнадзе, О. О. Ухомського у психології детально розроблені різноманітні аспекти проблеми ролі процесів передбачення майбутнього у регуляції практичної і пізнавальної активності суб'єкта.

Згідно П. К. Анохіну¹⁰¹, фізіологічна архітектура реалізації діяльності розпадається на три стадії:

1. Стадія афферентного синтезу інформації, що поступає.
2. Стадія формування акцептора дії, у якому передбачаються результати майбутніх дій.
3. Стадія формування афферентного апарату.
4. Стадія зворотної афферентації.

Узагальненням дослідження компонентів сприйняття виявилася створена О. В. Запорожцем, В. П. Зінченко та іншими авторами теорія перцептивних дій, згідно якої сприйняття є системою дій і операцій, що прижиттєво формуються на підставі засвоєння суспільно-історичного досвіду.

Основи загальної теорії діяльності закладено Л. С. Виготським, О. М. Леонтьєвим та С. Л. Рубінштейном, якими зокрема було сформульовано принципи генетичного аналізу діяльності і рухливості її структурних одиниць. Серед останніх О. М. Леонтьєвим¹⁰² виокремлюються процеси власне діяльності, підпорядковані певним мотивам дії, спрямовані на досягнення тих чи інших поставлених цілей і операції, що відповідають умовам, у яких об'єктивно задані цілі.

Аналіз своїх педагогічних спостережень ми провадимо саме з позицій загальної теорії діяльності, так як дослідження операціональної мікроструктури видів діяльності, що вже склалися, й тих, що ще формуються, мають велике практичне значення у педагогіці.

¹⁰¹ Анохин П.К. *Методологический анализ узловых проблем условного рефлекса.* – М., 1962. – 71 с.

¹⁰² Леонтьев А. Н. *Деятельность. Сознание. Личность.* – М.: Политиздат, 1975. – 84 с.

Застосування засобів ІКТ дає можливість використання предметно -маніпулятивного способу мислення. Використання ППЗ, здатного візуалізувати діяльність користувача, – опосередковування предметно-маніпулятивного способу аналізу, так як дає можливість оперувати екранними образами уявлень. У випадку використання педагогічно-орієнтованих програмних засобів типу *Gran* предметами маніпулювання є графіки функцій, що реалізуються (візуалізуються на екрані комп'ютера) конструктором образу на підставі створеної ним математичної моделі розв'язання задачі.

У разі використання графічного образу в процесі розв'язання навчальної задачі головним предметом діяльності виступає, очевидно, сама задача. Однак, залежно від конкретного етапу діяльності, відбувається перенесення акценту цієї діяльності (локальне цілепокладання). Так, під час аналізу графічного образу головним предметом діяльності виступає сам графічний образ функціональної залежності, а навчальна задача або її фрагмент відходить на другий план. Продукт діяльності, зобов'язаний своїм походженням її предмету, залежно від мети діяльності (загальної або локальної) також може бути призначений: головним продуктом діяльності є з'ясування графічного образу, другорядним – розв'язання задачі (або її фрагменту). Процедура діяльності (у технологічному плані) як спосіб (метод) отримання бажаного результату, реалізується в операціях з перетворення графічного образу, перепризначенню області визначення і значень функції, використанню обчислювальних засобів для аналізу властивостей основної і похідної функцій.

Відомо, що сприйняття у людини найтісніше пов'язане з мисленням, з розумінням сутності предмета. (Наприклад, у своїх дослідженнях Алан К. Хенріксон показав, що візуальна організація різноманітних карт світу у головах політичних діячів справляє досить суттєвий вплив на вибір політичної стратегії).

Як свідчать психологічні дослідження, сприйняття не є лише набором подразників, що впливають на органи чуттів, а є динамічним пошуком найкращого тлумачення, пояснення отриманих даних. Сприйняття – це активний процес, що використовує інформацію для того, щоб висувати і перевіряти гіпотези. Характер же цих гіпотез визначається змістом минулого досвіду особистості.

Як показано в роботах П. Ліндсея, Д. Нормана, П. Фресса, Ж.Піаже, в основі сприйняття, бо воно включає вивід, лежить процес прийняття рішення.

Головними етапами прийняття рішення є подане нижче.

1. Первинна категоризація – виокремлення явища з оточення (відділення «сигналу» від «шуму»).
2. Пошук ознак – процес більш точної ідентифікації об'єкта, що сприймається, за допомогою додаткових ознак.
3. Підтверджуюча перевірка – пошук додаткових ознак з метою контролю і підтвердження пробної ідентифікації об'єкта.
4. Остаточне підтвердження – несумісні ознаки або нормалізуються, або повністю відсіюються.

Розвиток категорій, використовуваних для ідентифікації і класифікації предметів, пов'язаний з навчанням. Це навчання має бути спрямоване на виокремлення ознак предметів, визначення їх призначення і використання вирішальних ознак з метою групування об'єктів у рівноцінні класи. Навчаючись сприйняттю, людина засвоює відношення, що існують між спостережувальними властивостями об'єктів і подіями, засвоює відповідні категорії і системи категорій, «навчається передбачати взаємозв'язки явищ і перевіряти ці передбачення»¹⁰³.

Уміння виокремлювати об'єкт сприйняття, набуте в процесі роботи, допомагає учневі «відсторонитися від фону». Неминучим фоном у даному випадку виступає не лише вторинна у кожному конкретному випадку інформація на екрані, а й операціональна діяльність з клавіатурою комп'ютера, без якої неможливе керування «поведінкою» ППЗ. Процес віднесення об'єктів до категорій пов'язаний, очевидно, у першу чергу з розпізнаванням конфігурації. У літературі, присвяченій цій проблемі, розглядається багато теорій так чи інакше пояснюючих психологічні механізми, які використовуються під час розв'язування задач класифікації.

Ми не ставимо перед собою завдання розробки чергової подібної теорії або аналізу існуючих, однак зауважимо, що більшість авторів схилиються до того, що сприйняття не зводиться лише до розподілення об'єктів за категоріями. Ми поділяємо ту точку зору, згідно якої під час відбору і класифікації сприймаючий виокремлює лише те, для чого у нього заздалегідь сформовано еталон або система ознак і так чи інакше ігнорує все інше.

Експериментальні дослідження показали¹⁰⁴, що суттєвим компонентом прийняття рішення є маніпулювання образом ситуації, яка склалася на основі орієнтувально-дослідницької перцептивної діяльності. Це, у першу чергу, діяльність з переконструювання образу відповідно з поставленою задачею.

Інструментальні ППЗ дають можливість розглянути графічний образ функціональної залежності в різноманітних ракурсах, областях визначення і множині параметрів, що змінюються. Це дає можливість створювати константність сприйняття образу. Константність сприйняття виявляється у впізнаванні фізичної сутності фізичного процесу, поданого через графічне зображення функціональних зв'язків його параметрів, за практично нескінченного різноманіття можливих змін цих параметрів. З іншого боку, множина графічних образів, необхідних для опису законів, що вивчаються у курсі фізики середньої школи, обмежена. Це дозволяє учневі досить швидко навчитися ототожнювати образ сприйняття з фізичним процесом, і, виходячи з контексту розв'язуваної задачі, виокремити інваріантну структуру об'єкта, що сприймається. Отже, множина, яка формується у процесі предметної діяльності, у даному випадку – діяльності ототожнення образу сприйняття з досліджуваною фізичною теорією, допомагає кращому засвоєнню матеріалу, що вивчається.

¹⁰³ Брунер Дж. *Психологія познання*. – М.: Прогресс, 1977. – 412 с.

¹⁰⁴ Гамезо М. В., Домашенко И. А. *Атлас по психології*. – М.: Просвещение, 1986. – 270 с.

Послідовні фази зміни графічного образу у випадку використання ППЗ мають обумовлюватися загальною, заздалегідь обраною стратегією процесу розв'язування задачі. У цьому випадку можлива неадекватність застосування графічного образу лише ускладнює пошук розв'язання.

У роботах Ж. Піаже показано, що здатність усвідомлення тотожності наявного об'єкта, що сприймається нами у його різноманітних проявах, набувається важко і є результатом тривалого процесу навчання. Повинен існувати який-небудь процес, що забезпечував би збереження сліду умов, які часто зустрічаються, і спостережуваних закономірностей. Послідовне програмування перцептивної готовності залежить від такого роду інтегративних процесів. Відтак, відношення між класами подій зберігається лише у результаті того, що воно змінюється у процесі навчання.

Відповідно формуються еталони образу, що сприймається, який, згідно багатьох сучасних теорій, і використовується у процесі ідентифікації. Наприклад, у ППЗ типу *Gran* передбачена можливість зміни зорового образу екранної події шляхом зміни його розміру, виокремлення фрагменту, перепризначення масштабу графічного подання, отримання на екрані дотичних до досліджуваних точок кривої, заповнення (заштрихованою) фрагменту екрана для визначення площ, інтегралів тощо.

Однак, за всіх цих змін фізична сутність процесу, який вивчається, не змінюється. Операції над графічним зображенням функціональної залежності у разі зміни параметрів математичної моделі призводять до взаємно-однозначних перетворень (розтягнення, стиснення, деформація тощо) лише графічного образу, знову таки не впливаючи на фізичну сутність процесу, що описується даною моделлю. Це розширює поле ідентифікацій графічних образів з породжуваними їх фізичними процесами.

Процес використання ознак включає операцію висновку. Висновок про ідентифікацію на підставі ознаки є, на наш погляд, найбільш частою й елементарною формою пізнавальної (зокрема, навчальної) діяльності. Врахування ознак передбачає засвоєння імовірностей тих чи тих подій у середовищі, що вивчається, а також постійних співвідношень, які пов'язують одні ознаки з іншими та ознаки з формами поведінки, що впливають з них. Підготовлений спостерігач здатний дістати більше інформації із графічного образу, він виявляє такі ознаки і структури, до яких не сприйнятливий непідготовлений спеціально спостерігач. Це управління зоровою активністю підготовлено попереднім формуванням певних еталонних схем, що допомагають приймати інформацію певного виду, тобто вже засвоєна інформація визначає те, що (та як) буде сприйнято у подальшому. Якщо ці еталони не сформовані (немає передуючого знання), то немає і перцептивної активності і спостережуване явище має обмежену і минаючу дію.

Психологічні дослідження показали¹⁰⁵, що залежно від задачі й ситуації, у якій здійснюється діяльність, можлива опора на різноманітні форми репрезентації дійсності (образно-просторові, вербальні, семантичні тощо). Спостережуваний графічний образ як стимульний матеріал, що запускає перцептивний цикл, у нашому випадку не є абстрактним, якщо для його аналізу створена теоретична опора. Перцептивне навчання можливе тоді, коли спостережувані об'єкти містять інформацію, доступну для розуміння на декількох відмінних за складністю рівнях.

Здатність виокремити в графічному образі суттєве, зробити припущення про вид (форму) зміненого в результаті маніпулювання графічного образу, провести порівняльний аналіз змін, їх залежність від способу маніпулювання залежить, в основному, від досвіду роботи з графічним образом. Набір характерних ситуацій, що набувається з досвідом, допомагає учневі у цій діяльності так само, як і постійне тренування з алгебраїчними перетвореннями. У міру накопичення досвіду роботи із засобами інформаційних технологій в учнів виробляються прийоми (схеми орієнтування) з найбільш раціонального їх застосування у кожному конкретному випадку. Так як учень безпосередньо включений в перцептивний цикл взаємодії з об'єктом спостереження, ці схеми орієнтування дуже швидко формуються і засвоюються. Наразі слід зауважити, що зоровий образ, що сформувався в результаті роботи з графічним зображенням, зберігається у пам'яті довше, ніж порядок операціональної діяльності з його отримання на екрані комп'ютера.

Можна стверджувати, що під час роботи із засобами ІКТ і конкретними ППЗ, які використовуються для розв'язання навчальної задачі, предметне поле якої лежить поза межами власне обчислювальної техніки, учень знаходиться у ситуації, коли вимушений використовувати дві паралельно-послідовні організовані перцептивні схеми. Одна схема – головна – дозволяє йому здійснювати діяльність у предметному полі навчальної задачі, друга – додаткова – здійснювати діяльність з керування засобами обчислювальної техніки (виступати активним користувачем АПК). У разі звертання до тієї чи іншої перцептивної схеми інша відступає на другий план, тобто переходить у сферу «затемнення», переключення уваги, перенесення акцентів діяльності визначає специфіку застосування обчислювальної техніки і ППЗ МП у навчальному процесі, справляє вплив на прийняття рішення.

Ми вважаємо, що вся теорія прийняття рішення ґрунтується на тому, що сприйняття не лише інформує людину, а трансформує її. Особливу роль у цьому випадку відіграє ситуація, за якої зоровий образ не ототожнюється з еталонним образом, тобто спостережуваний об'єкт містить суперечливу інформацію. Принципово у цьому випадку зоровий образ може стати основою

¹⁰⁵ Найссер У. *Познание и реальность: смысл и принципы когнитивной психологии*. – М.: Прогресс, 1981. – 229 с.

альтернативних перцептивних циклів: пасивного, у якому приймається рішення про виключення зорового образу з розгляду, і активного, коли у результаті пошукової діяльності суб'єкта розширюється поле його еталонних уявлень.

Як свідчать педагогічні дослідження, за можливості рівноімовірності реалізації пасивного й активного перцептивних циклів, учень надає перевагу активному. Це, на наш погляд, викликано тим, що для учня розв'язання навчальної задачі є соціально значущим процесом і, відповідно, графічний образ сприймається як значущий. Ця домінанта вмотивованості спонукає учня активно досліджувати інформацію, що сприймається з екрану.

Активний розгляд екранної події призводить до діяльності, результатом якої є здійснення низки операцій над спостережуваним об'єктом, які призводять до більш всебічного його вивчення: перепризначення параметрів математичної моделі, зміна області визначення функції тощо. Ці дії, очевидно, супроводжуються низкою гіпотез, які і перевіряються у результаті цілеспрямованої діяльності учня.

Пасивний перцептивний цикл говорить про відсутність в учня ідей, які є основою пояснюючих гіпотез. У цьому випадку незамінна роль вчителя, який має активно втрутитися в ситуацію, що склалася, провести аналіз причин, що її викликали, вказати шляхи можливих виходів з інформаційного конфлікту. Найбільш дієвим педагогічним прийомом у цьому випадку є надання учневі можливості вербального опису події, що спостерігається. Наразі учень вимушений назвати всі елементи ситуації, що склалася, спостережувані ознаки, використовуючи понятійний апарат фізики. Словесні описи дають можливість заповнити лакуни в образному уявленні, тоді як образи доповнюють інтуїтивний опис системи. Асоціації, що виникають у цей час, часто допомагають учневі самостійно визначити шляхи виходу із ситуації, що склалася.

З методичної точки зору важливим є підбір таких груп навчальних задач, розв'язання яких з використанням ППЗ найбільш доцільно. Практика використання засобів ІКТ у навчальному процесі показує, що задачі, під час розв'язування яких використання педагогічних програмних засобів математичної підтримки найбільш доцільне, повинні відповідати поданим нижче вимогам.

1. Задачі, які принципово неможливо розв'язати без застосування обчислювальних засобів, що надаються ППЗ (визначення площі криволінійної трапеції, довжини кривої, значення визначеного інтегралу, апроксимації функціональної залежності тощо).

2. Задачі, що потребують швидкої обробки результатів експерименту.

3. Задачі, для яких найбільш раціональним методом розв'язання є графічне розв'язання.

4. Задачі демонстраційно-аналітичного характеру (аналіз поведінки функції на різноманітних ділянках її визначення).

5. Задачі демонстраційно-навчального характеру (демонстрація складних функціональних залежностей через їх графічне подання).

Для більшості перелічених випадків (крім обробки експериментальних даних) для отримання екранного образу графічного подання функціональної залежності у разі використання ППЗ МП вимагається заздалегідь розроблена математична модель процесу. У деяких методично виправданих випадках ця математична модель може бути безпосередньо задана учневі.

Однак, найбільш оптимально використовуються позитивні боки інформаційних технологій і досягаються цілі навчання у разі самостійної розробки учнями математичної моделі розв'язання задачі.

3.4. Конструювання математичної моделі розв'язку навчальної дослідницької задачі в умовах комп'ютерно орієнтованого навчання

Розв'язання навчальної задачі, у якій метою є одержання числового значення результату, алгебраїчного виразу або функціональної залежності і припускає необхідність використання відомих учневі фізичних закономірностей, які записані загальноприйнятою математичною мовою, за своєю суттю є створенням математичної моделі вказаного в умові задачі фізичного явища або процесу.

Задача нашого дослідження конкретизується, зокрема, у тому, що розглядаються питання дослідницької діяльності учнів з використання методу математичного моделювання явища або процесу, сформульованого у навчальній задачі, і дослідження цієї моделі засобами ІКТ.

В. Г. Разумовський виділяє три напрями інформаційної технології, які з успіхом розвиваються у педагогіці. «По-перше, моделювання як метод свідомого оволодіння знаннями самими учнями. Поява комп'ютера дозволяє реалізувати розумову модель того чи іншого явища, виразивши його основну суть... Уперше людство одержує можливість не тільки створювати живий образ моделі,... але й примусити працювати ідеальну модель в умовах, що змінюються... По-друге, з всієї різноманітності навчальних моделей необхідно виділити клас моделей, робота з якими має повну аналогію з реальним експериментом... По-третє, комп'ютер дає можливість миттєвої інтерпретації будь-якої інформації. А для педагогічного процесу, для навчання, виховання і розвитку цей феномен у низці випадків виявляється вирішальним»¹⁰⁶.

Використання програмних засобів математичної підтримки завжди припускає обов'язкову попередню побудову математичної моделі розв'язування задачі. Отже, на перший план виступає проблема розгляду психолого-педагогічних аспектів процесу розв'язання задачі як процесу конструювання навчальної математичної моделі. Конструювання математичної моделі є, у свою чергу, одним із важливіших засобів формування заходів пізнавальної (пошукової) діяльності, які базуються на використанні творчого потенціалу учня. У цьому розумінні важливим є аналіз процесуальної сторони конструювання математичної моделі.

¹⁰⁶ Разумовский В. Г. Информационная технология в образовании: Возможности и перспективы проблемы // Компьютер и образование. – М.: АПН СССР, 1991. – С. 5-9.

М. Борн¹⁰⁷ відзначав, що «... усі фізичні відкриття в експериментальній фізиці зобов'язані інтуїції людей, які відверто використовували моделі, які були для них не продуктом їх фантазії, а представниками реальних речей».

На цей час математична модель трактується як «Приблизний опис якогось-небудь класу явищ зовнішнього світу, виражений за допомогою математичних символів. Аналіз математичної моделі дозволяє проникнути у суть явищ, що вивчаються»¹⁰⁸. Модель стає у загальній ґносеологічній схемі свого роду вузловим пунктом, у якому математична і фізична інтерпретація явищ перетинаються, бо виступає у ролі ідеалізованої структури, для якої виконується теорія, що зберігає риси подібності до фізичної реальності, яка разом з тим гомоморфна дійсності, хоч і зв'язана певним чином з теорією.

У сучасних представленнях під математичним моделюванням розуміють опис, відтворення, вивчення і прогнозування всіляких процесів і явищ за допомогою математичних і обчислювальних засобів. Об'єкт будь-якої природи (фізичної, хімічної, біологічної і т. д.), який відображується за допомогою математичної моделі, тобто, у термінах функцій, рівнянь, нерівностей та інших співвідношень, можна зрозуміти шляхом дослідження відповідних математичних задач.

Необхідна умова позитивного ефекту від математичного моделювання – це достовірність отриманих результатів. Ця категорія є, у загальному випадку, складну методологічну проблему. Оскільки критерієм істинності є практика і одна лише практика, то і правильність розрахованих з використанням засобів ІКТ розв'язків, у загальному випадку, можна характеризувати тільки узгодженням з даними натурного експерименту. У навчальному процесі істинність встановлюється, у більшості випадків, оцінкою експерта (учителя). І тоді питання істинності міститься як у правильності вибору використаної фізичної моделі, адекватності сконструйованої математичної моделі поставленій задачі і в компетентності експерта.

Під навчальною математичною моделлю ми розуміємо математичний запис ходу розв'язування задачі у вигляді, придатному для аналізу (часткового, поетапного, повного) методами і засобами, доступними для учня.

Можна говорити, що математичне моделювання – це вивчення явищ або процесів зовнішнього світу за допомогою описів, які виражені у математичних термінах. Сам процес моделювання здійснюється за складним «технологічним циклом» і є, на наш погляд, елементом використання засобів ІКТ у навчальному процесі. Для дослідження однієї і тієї ж фізичної моделі може бути побудована не одна, а декілька математичних моделей, що доповнюють одна одну, вкладені або пов'язані якими-небудь іншими взаємовідносинами. Можуть бути одночасно здійснені (побудовані, сконструйовані) альтернативні математичні моделі (наприклад, на основі динамічного або енергетичного підходів, макро- або мікрофізичної моделі і т. д.).

¹⁰⁷ Борн М. *Фізика в житті мого покоління*. – М.: Мир, 1963. – 269 с.

¹⁰⁸ *Математическая энциклопедия*. – М.: Советская энциклопедия, 1977. – Т. 1-5.

У реальній навчальній діяльності усі фази розроблення математичної моделі фізичної навчальної задачі, тобто пошуки конструкції розв'язку, запис конструкції у математичній формі тощо хронологічно перетинаються і інтерферують.

У навчанні виділяються різні види моделювання: моделі конкретних явищ, схематичні зображення, моделі як програми діяльності учнів, узагальнені схеми як засоби орієнтації у діяльності. Багато досліджень присвячено розробці шляхів використання моделювання для розв'язування задач (О. І. Песін, М. А. Солодухін, Л. М. Фрідман і т. д.).

Доведено, що вивчення наукового моделювання необхідно проводити у явному вигляді, тому що в будь-якому навчальному предметі, у тій мірі, у якій він спрямований на формування науково-теоретичного мислення, у неявному вигляді вивчаються методи моделювання, які притаманні відповідним наукам, методи дослідження наукових моделей і способи застосування одержаних результатів у практиці.

Істотною відмінністю навчального математичного моделювання від власне математичного моделювання є той факт, що, якщо вибрана (сконструйована) учнями математична модель не правильна, то це оперативно оцінює експерт (учитель), тому що результати розв'язування теоретичної задачі у більшості випадків не можуть бути безпосередньо на уроці підтверджені або спростовані натурним експериментом. У педагогічній літературі дуже слабо описані методи формування в учнів представлень про математичну модель розв'язання фізичної задачі, її конструювання, аналіз і застосування. Тим більше відсутня методика навчання приведенню (перетворенню) математичної моделі до вигляду, зручному для використання її у тому чи іншому пакеті прикладних програм. Відсутні спеціально підібрані системи задач, які призначені для формування згаданих представлень.

Використання засобів ІКТ, зокрема відповідних ППЗ, для розв'язку навчальних задач, диктує необхідність обов'язкової побудови саме математичної моделі розв'язку, тобто вимагають від учня вміння сконструювати ланцюг функціональних залежностей, які виражені традиційною математичною мовою, які дозволяють використовувати обчислювальні та інші сервісні можливості інформаційних технологій. Повністю сконструйована математична модель є, за своєю суттю, розв'язком поставленої перед учнем навчальної задачі. Особливістю застосування інформаційних технологій, у цьому випадку, є те, що конструкція математичної моделі має дати можливість дослідження як розв'язку задачі, так і математичну модель, яка описує це явище. Отже, перед учнем ставиться мета не просто розв'язати задачу, тобто, взагалі, з заданої множини елементів відомих даних умови знайти задану множину вказаних невідомих, але також дослідити результати і сам процес розв'язання.

Знаходження невідомих величин у рівнянні або системі рівнянь, які описують процеси, про які говориться в задачі, – це обов'язковий етап процесу дослідження математичної моделі. Про важливість широкого використання

математики у фізиці сказано у роботах багатьох видатних учених. На необхідність вміти провести математичний аналіз фізичної задачі (у широкому розумінні) вказував А. Ейнштейн: «Я впевнений, що чисто математична побудова дозволяє знайти ті поняття і ті закономірності, які дають ключ до розуміння законів природи. Придатні математичні поняття можуть бути підказані досвідом, але ні в якому випадку не можуть бути виведені з нього. Досвід залишається, природно, єдиним критерієм придатності деякої математичної побудови для фізики. Але власне творчий початок відноситься до математики»¹⁰⁹.

В. Гейзенберг на конкретному прикладі з власної практики показав, як математична модель приводить до фізично обґрунтованих результатів, побачити які без математичного аналізу неможливо: «... в прикладі, який я тоді обрахував точно, в ангармонічному осциляторі після ретельних обчислень сам собою був одержаний закон збереження енергії. Математика несподівано проявила себе «розумніше» за фізику; тут ми знову зустрічаємось з тим випадком у теоретичній фізиці, коли за допомогою такої математики натрапляють на слід нових закономірностей»¹¹⁰.

Математична модель, сформульована у вигляді задачі про рух тіла у центральному полі сил, дозволила Резерфорду сформулювати геніальну гіпотезу про будову атома. Аналогічні приклади можна продовжити.

Найважливішим етапом конструювання моделі розв'язування задачі треба вважати переклад словесних формулювань на математичну мову. Будь-яка навчальна задача для свого розв'язування має бути осмислена людиною. Осмислення припускає «переказ» задачі у зрозумілому для суб'єкта семантичному просторі (на мові, яка зрозуміла для суб'єкта). Отже, будь-яка задача обов'язково має бути представлена у вигляді тексту.

Згідно до розглянутих аспектів використання «екранних» технологій у процесі навчального дослідження, нами вважалось за необхідне виявити механізми впливу факторів середовища «учень – комп'ютер» на результативність навчальних досягнень учнів. В основу одного з експериментів було покладено гіпотезу щодо впливу результативності формулювання тексту навчальної задачі, яка подана учневі у вигляді графічного відображення фізичного процесу на екрані комп'ютера.

Стимульним матеріалом в експерименті виступали інтерактивні графічні задачі з курсу фізики. Перед учнями було поставлено завдання сформулювати умову задачі у текстовій формі. Оцінювання рівня текстуального формулювання умов задачі здійснювалося за ознаками:

- 1) цілком адекватне (учнем чітко сформульовано задачу як за змістом так і за структурою завдання);
- 2) частково адекватне (учнем чітко сформульовано задачу за змістом, але не чітко за структурою завдання);

¹⁰⁹ Ейнштейн А. *О методе теоретической физики. Физика и реальность.* – М.: 1965. – 210 с.

¹¹⁰ Гейзенберг В. *Шаги за горизонт / пер. с нем. / сост. А.В. Ахутин; Общ. ред. и вступ. ст. Н. Ф. Овчинникова.* – М.: Прогресс, 1987. – 368 с.

3) слабо адекватне (учнем не чітко сформульовано задачу як за змістом так, і за структурою завдання);

4) не адекватне (учнем сформульовано тільки тему завдання).

У результаті експерименту отримано кореляційні залежності рівня текстуального формулювання умов задачі від кількості звернень до екранної події (графічного відображення фізичного явища на екрані комп'ютера) (рис. 3.37–3.40).

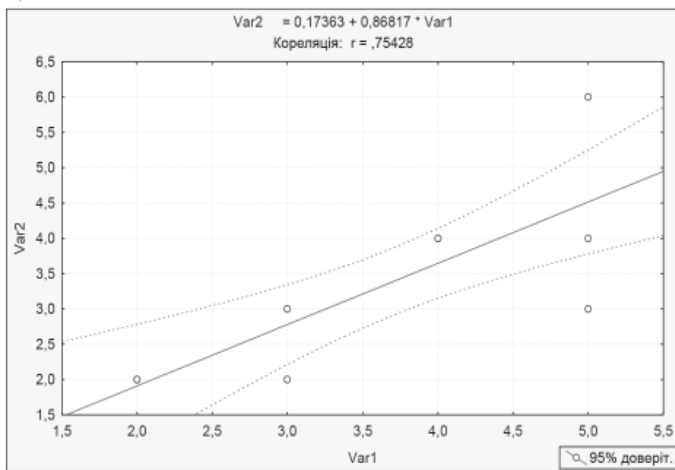


Рис. 3.37. Залежність цілком адекватного формулювання задачі (Var2) від кількості звернень до екранної події (Var1)

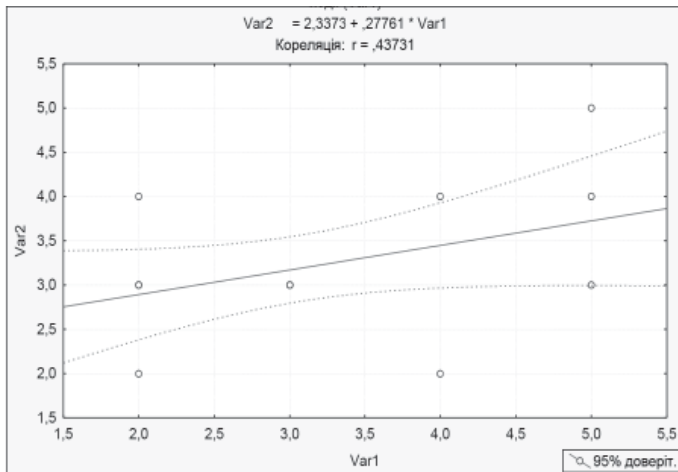


Рис. 3.38. Залежність частково адекватного формулювання задачі (Var2) від кількості звернень до екранної події (Var1)

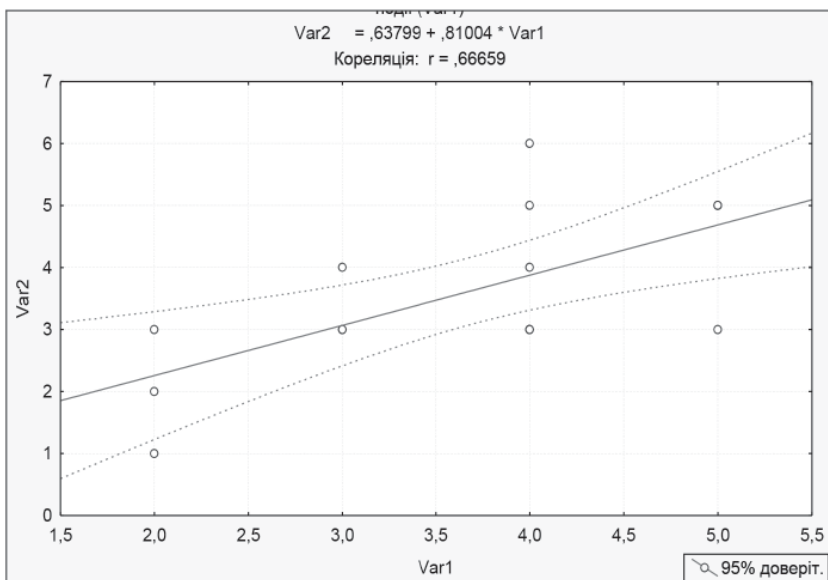


Рис. 3.39. Залежність слабо адекватного формулювання задачі (Var2) від кількості звернень до екранної події (Var1)

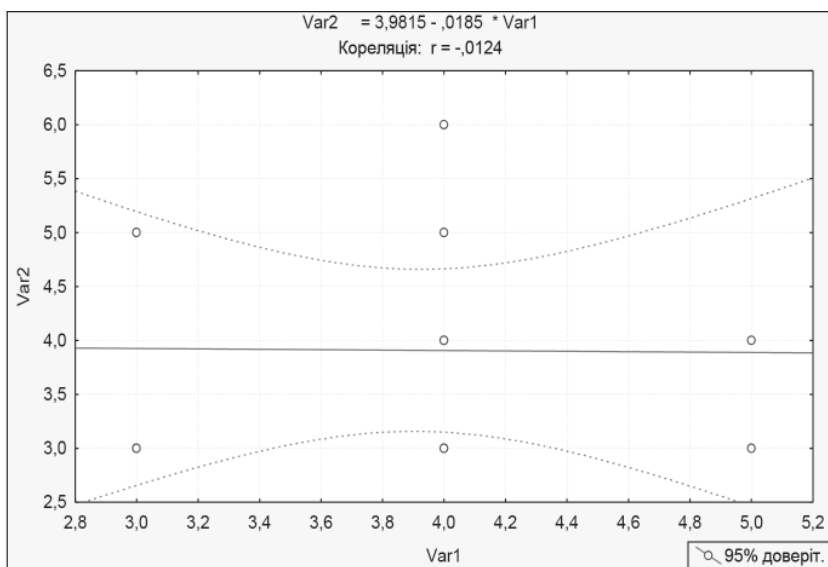


Рис. 3.40. Залежність неадекватного формулювання задачі (Var2) від кількості звернень до екранної події (Var1)

Аналіз кореляційних залежностей свідчить про те, що найбільш тісний зв'язок (0,75) рівня текстуального формулювання умов задачі від кількості звернень до екранної події існує у випадку цілком адекватного формулювання учнем умов задачі. У той самий час не існує зв'язку у випадку неадекватного формулювання задачі. Останнє може бути пояснено особистісними властивостями суб'єктів навчання, що підтверджується в цілому низьким рівнем їх навчальних досягнень.

Складання знакової моделі розв'язку згідно усвідомленого тексту є, як уже мовилось, перекладом тексту задачі в інший семантичний простір (математичних, логічних, графічних і т. д. знаків). Наразі дуже характерним є той факт, що під час складання знакової моделі навчальної задачі учень, як і дослідник, користується відомими фізичними законами, які виражені у знаковій формі (частіше всього формулам як математичним виразом функціональних зв'язків у сформульованому раніш фізичному законі).

Сукупність знаків (рівнянь, структурних формул, графіків, таблиць, схем і т. ін.), яка представляє або заміщає який-небудь об'єкт пізнання і дозволяє отримати про нього додаткові дані, прийнято називати знаковою моделлю. Процес аналізу вихідних даних і побудову моделі називають моделюванням. Іншими словами, це відтворення у знаковій формі предмета вивчення, причому в тих його аспектах, які для нас суттєво важливі. Під «знаком» у сучасній семіотиці розуміють матеріальний, чуттєво сприйнятий предмет (явище, дію), який виступає у процесі пізнання і спілкування в якості представника (замісника) іншого предмета (явища, дії) і який використовується для одержання, зберігання, перетворення і передавання інформації про них.

Грунтуючись на результатах спеціальних психолого-педагогічних досліджень, можна стверджувати подане нижче.

1. Кожен елемент навчального матеріалу може бути виражений у більш або менш адекватній формі. Ця форма залежить від об'єкта інформації, від задачі, до якої вона включена або розв'язок якої повинна забезпечити, і, нарешті, від суб'єкта діяльності.

2. Знакова фіксація процесу розв'язання будь-якої задачі в принципі завжди матеріально відтворює (моделює) розумові дії.

У навчальному знаковому (символічному) моделюванні оригіналом є штучно сформульована навчальна задача. Будь-які типи навчальних фізичних задач (у всіх відомих нам класифікаціях) мають загальне в тому, що з багатогранного, складного природного процесу виділені ті його властивості і характеристики, на вивчення яких націлена дана навчальна задача. Множина цих виділених властивостей і характеристик, їх явна або прихована присутність у тексті навчальної задачі визначає як рівень складності задачі, так і методичні цілі використання задачі у навчальному процесі.

3. Перетворення навчальної інформації шляхом зміни моделі є вищого ступеня ефективний прийом, який активізує і направляє діяльність учня. Наразі сам процес мислення піддається контролю і самоконтролю. Так,

наприклад, переформулювання умови задачі дозволяє учневі глибше зрозуміти задачу, учителю – спостерігати і направляти діяльність учня у найбільш продуктивному напрямі.

Під час переформулювання вихідних елементів задачі ці елементи вступають у нові зв'язки, виступають у новій якості, а тому і в новій понятійній характеристиці. Переформулювання означає створення нової моделі і, відповідно, зміну понятійної характеристики об'єкта.

Спосіб вираження навчальної інформації значною мірою обумовлений специфікою предмета. У найпростіших навчальних фізичних задачах вимоги до діяльності обмежуються застосуванням відомих фізичних законів і числовими обчисленнями. У аналогічних математичних задачах вимоги обмежуються перетворенням даних в умовах формул з метою приведення їх до потрібного вигляду. Це є необхідним елементом фізико-математичної освіти.

Значно складнішою навчальною діяльністю є діяльність з приведення фізичної задачі до задачі математичної. На цей момент розв'язку звертають увагу багато дослідників. «Вважати дослідника таким, що вміє мислити математично треба не тільки тоді, коли він може виконувати складні математичні обчислення, але і тоді, коли він вміє приводити до математичного вигляду залежності, промовлені словесно»¹¹¹.

Використання у навчальному процесі більш складних задач, які вміщують відносно більшу кількість елементів, достатній за обсягом опис процесу або явища, значно ускладнює приведення фізичної задачі до математичної. Але цей етап настільки важливий, що навіть І. Ньютон вважав за необхідне розглянути приклади перекладу словесного опису на математичну мову¹¹².

Як показує практика, уміння правильно записати математичні вирази вдало помічених закономірностей, залежить від рівня кваліфікації суб'єкта, тобто, врешті-решт, від сформованої в нього специфічної структури понять і представлень в даній предметній області.

Зміна стилю мислення, у разі переходу від вербального опису явища або процесу до математичного, і дидактичні позитивні якості самого процесу математичного моделювання відзначено багатьма дослідниками. Математичне моделювання не допускає «напівзнання», пропусків у системі гіпотез. Дослідник виявляється змушеним вичерпно відповідати на всі запитання, що виникають перед ним у процесі математичного моделювання, запропонувати (сформулювати в адекватній формі) відповідні гіпотези, раніш ніж побудувати завершену модель процесу, що вивчається.

Мова тут іде не про применшення у методиці викладання фізики експериментальних методів. Розвиток дедуктивно-теоретичного мислення не відкидає «фактичного початку» – навпаки, він пропонує формування в учня розуміння необхідності дослідного вивчення природи, накопичення фактів.

¹¹¹ Регірер Е. И. О профессии исследователя в точных науках. – М.: Наука, 1966. – 165 с.

¹¹² Ньютон И. О приведении вопроса к уравнению / Всеобщая арифметика или книга об арифметическом синтезе и анализе. – М.: АН СССР, 1948. – 441 с.

Попри це, він тягне за собою розширення сфери використання експерименту для накопичення цих даних. у взаємодії дедуктивно-математичної й індуктивно-експериментальної сторін фізики учень повинен бачити типову схему розвитку науки: від дослідних даних до математичних моделей і від них знову до досліду, але вже для перевірки і виправлення математичних моделей. Як зазначав Д. К. Максвел «Перший етап фізичної науки полягає у відшукуванні системи величин, відносно яких можна припустити, що від них залежать явища, які розглядаються даною наукою. Другим ступенем є відшукування математичної форми співвідношень між цими величинами. Після цього науку можна розглядати як науку математичну. Перевірка її законів виконується шляхом теоретичного дослідження умов, за яких можуть бути, можливо, більш точно виміряні деякі величини, а також шляхом наступного експериментального виконання даних умов»¹¹³.

Під час побудови навчальної математичної моделі, яка описує розв'язок задачі, ми виходимо з того, що навчальна задача є деякою моделлю реальної події. У навчальній задачі, як у попередньо сформульованій фізичній моделі реальності, вказані:

- основні властивості (характеристики) об'єкта;
- основні властивості (характеристики) явища;
- внутрішні зв'язки в об'єкті (явищі);
- зв'язки об'єкта із зовнішнім середовищем (іншими об'єктами);
- напрям розвитку події (зміна об'єкта).

Кожний з цих пунктів може виступати як заданий або шуканий (повністю або частково).

Навчальна задача є замкненою (чи квазізамкненою) системою, аналіз якої учень повинен здійснити. Цей аналіз, за своєю суттю, системноструктурний, тобто, припускає ви členення у системі відносно стійких зв'язків, елементів, з яких складається система, і структурного зв'язку елементів.

Під структурними зв'язками ми розуміємо зв'язки одночасно існуючих елементів, які не перетворюються, не переходять один в один, а взаємодіють у системі, виконуючи певні функції.

У методично виправданих цілях у різних варіантах представлень фізичної моделі ті чи інші компоненти моделі опускаються. Тобто можлива класифікація задач за ознакою повноти фізичної моделі. Використовуючи термінологічний апарат теорії інформації, це можна характеризувати як ознаку повноти інформації про об'єкт (явище, систему і т. д.), поданий в умові задачі. Позаяк очевидно, що неповна фізична модель, по-перше, може мати неповний розв'язок, а по-друге, може вимагати доповнення моделі до потрібного рівня повноти за рахунок залучення знань учнів, що само собою може виступати як окрема задача, а потім знаходження позначених в умові

¹¹³ Максвелл Д. К. *О математической классификации физических величин / Статьи и речи.* – М. – Л., 1940. – С. 44.

невідомих. Пошук невідомої інформації як-небудь – це і є сенс розв’язання задачі суб’єктом-учнем. Суб’єкт-вчитель зацікавлений у тому, щоб ці способи пошуку мали певну дидактичну цінність.

На нашу думку, низка ознак процесу створення навчальної математичної моделі говорить про те, що цей процес більше відношення має до винахідницької (зокрема, до конструкторської) діяльності, ніж до діяльності власне відкриття. Ці ознаки такі:

1) заздалегідь сформульована й обмежена множина параметрів (елементів) задачі;

2) конкретно окреслене коло питань (конкретно поставлена мета діяльності у конкретно-предметній ситуації);

3) обмежена кількість відомих фізичних законів, які повинні бути використані для досягнення поставленої мети (розв’язання задачі, визначення невідомих елементів);

4) визначений математичний апарат, на використання якого була зорієнтована умова задачі;

5) відомі прийоми діяльності із засобами ІКТ, що диктуються вибраними програмними і апаратними засобами.

Привхідними умовами наразі є:

1) усвідомлення учнем того, що розв’язувана задача є одним з елементів навчального процесу;

2) розуміння вчителем того, що методика, яка вивчається (застосовується) – це одна з методик, можливих для вивчення даної теми (розділу);

3) розуміння вчителем того, що використання методу математичного моделювання у явній, усвідомленій учнем формі – це достатньо пізній метод. Для його використання необхідно в учня виховати ясне представлення про фізичне явище, яке вивчається, а це неможливо без попереднього засвоєння учнями методики натурального фізичного експерименту.

На питання усвідомленості діяльності учнями звертають увагу багато дослідників. Так, згідно Н. Н. Поспелову, «Для переносу операцій і прийомів мислення необхідне усвідомлення узагальнень і правил раціональної розумової діяльності, а також наявності системи знань предметів і навичок у розв’язку задач за засвоєними правилами і алгоритмами. Досвід показує, що учні легко здійснюють перенесення, якщо вони засвоїли абстрактні принципи, знають загальні способи дії, мають узагальнені навички розумової діяльності, уміють вбачати нові функції предметів, виявляють новизну у явищах. Зазвичай, усьому цьому необхідно вчити, залучаючи їх до пошукової діяльності, результатом якої може бути самостійне відкриття загального принципу розв’язання проблеми, формулювання алгоритму і т. д.»¹¹⁴ Отже, створення математичної моделі в навчальному процесі – це за своєю суттю

¹¹⁴ Поспелов Н. Н., Поспелов И. Н. *Формирование мыслительных операций у старшеклассников.* – М.: Педагогика., 1989. – 152 с.

конструювання моделі за певною, усвідомленою учнем методикою. Ідея конструювання, нова для винахідника (учня), який раніше не зустрічався з подібним розв'язанням поставленої проблеми, у цьому випадку має цінність особистісну, емоціональну. «Конструювання – це процес, у ході якого створюються власне конструкції і вироблюються методи», – підкреслює винахідник лінійного електродвигуна З. Лейтауер¹¹⁵. Саме це об'єднує навчальну творчу діяльність і творчість у широкому розумінні слова, тобто творчу діяльність, результатом якої є цінність суспільна.

Відомий український психолог В. О. Моляко¹¹⁶ у своїй роботі показує виявлений ним шлях формування конструкторського задуму.

1. Аналіз умови задачі.
2. Попередній синтез майбутньої структури розв'язку.
3. Порівняння цієї попередньої структури розв'язку з іншими.
4. Виділення адекватних структур.
5. Перенесення задуманої структури у новий контекст з відповідним переконструюванням.
6. Остаточне формулювання задуму на основі переконструювання частин і деталей конструкції.

Аналіз навчально-методичної і навчально-педагогічної літератури, присвяченої розгляду процесу розв'язку навчальних задач, а також наші педагогічні спостереження дозволяють виділити подані нижче найбільш характерні етапи розв'язування навчальної задачі.

1. Аналіз умови задачі.
2. Формулювання попереднього плану розв'язку (попередній синтез).
3. Порівняння попереднього плану розв'язку з тим, що раніш застосовувався (пошук відомого аналога).
4. Виділення відомих фрагментів розв'язку в аналога.
5. Перенесення відомих фрагментів розв'язку аналога у нову задачу (з відповідним переконструюванням).
6. Остаточне формулювання плану розв'язку на основі перекомбінації (адаптації) частин і фрагментів конструкції розв'язку.

Творчість конструктора починається з формулювання вимог до остаточного результату. Після цього проводиться аналіз відомих даних (елементів, методів, засобів досягнення мети т. д.), необхідних для одержання бажаного результату.

Розв'язок конструкторської задачі, у широкому розумінні слова, володіє зазначеними нижче властивостями.

1. Розв'язком є кінцева структура висновків, яка відповідає раніш сформульованій задачі.

¹¹⁵ Тринг М., Лейтузіт Э. *Как изобретать?* – М.: Мир, 1980. – 270 с.

¹¹⁶ Моляко В. А. *Психология решения школьниками творческих задач.* – К.: Рад. школа. 1983. – 94 с.

2. Множина усіх правильних розв'язків задачі є конструкціями.
3. Кількість усіх вірних конструкцій, що відповідають розв'язку задачі, нескінченна.

Розв'язок навчальної задачі, як конструювання математичної моделі, у свою чергу, має певні властивості.

1. Розв'язком є математична модель, яка адекватно описує властивості об'єкта, що моделюється.
2. Множина усіх правильних розв'язків є моделями.
3. Кількість усіх математичних моделей, що адекватно описують властивості об'єкта, що моделюється, в умовах вибраної методики кінцева.

Співставлення наведених вище етапів виникнення і розвитку розв'язку конструкторського задуму і розв'язку навчальної задачі вказує їх подібність, що, очевидно, зумовлено подібністю механізмів розумової діяльності, яка реалізується у процесі вирішення людиною проблемної ситуації даного рівня спільності.

Процес конструювання математичної моделі, як етап розв'язку навчальної задачі, є найбільш складним, вузловим етапом. Творчий потенціал учня, його розуміння умови задачі (як функція знання теорії явища, що описане в задачі), орієнтування в даній предметній галузі, уміння застосувати математичний апарат, володіння евристичними методами, рівень сформованості понятійних структур, який визначає факторну ієрархію елементів задачі, і багато інших захованих, але об'єктивних обставин, виражаються формально на цьому етапі у вигляді математичних рівнянь.

Розв'язок задачі як конструювання математичної моделі для використання засобів ІКТ має, з одного боку, максимально адекватно описати явище, яке вивчається, а, з іншого боку, бути розв'язане за допомогою відомих методів ІКТ на обчислювальній техніці, яка є у наявності.

Для реалізації принципу «від простого до складного» під час дослідження фізичного об'єкта (явища) може бути побудована ієрархічна сукупність моделей, кожна наступна з яких відрізняється більшою точністю (наближеністю до реальності) і, відповідно, складністю. Наразі у кожній конкретній ситуації необхідно вибрати, на якій з цих моделей доцільно зупинитися.

Математична модель фактично є математичною постановкою розв'язуваної проблеми. Першочерговий етап у дослідженні математичної моделі – розгляд питань існування розв'язку, його одиничності або можливих класів множинності, тобто, неперервної залежності розв'язку від вихідних даних. У випадку навчальної задачі у разі правильності побудови математичної моделі попередньо передбачається існування розв'язку. Одиничність розв'язку, його коректність можна віднести до процесу фізичної інтерпретації розв'язку. Наприклад, одержання в результаті розв'язання від'ємного значення величини часу протікання фізичного процесу може говорити як про неправильну побудову математичної моделі, так і про неправильний розв'язок вірно побудованої моделі.

Застосування відповідних програмних засобів з арсеналу засобів ІКТ дозволяє у багатьох випадках зняти питання про неправильність математичної частини розв'язку. Тоді увага учня зосереджується на правильності побудови самої математичної моделі як формалізації конструкції розв'язання задачі.

Педагогічні спостереження дають можливість виділити найбільш характерні типи помилок і розглянути причини їх виникнення під час конструювання навчальної математичної моделі розв'язку фізичної задачі:

1. Ситуаційна помилка – неправильне визначення ієрархії параметрів задачі, тобто, їх взаємопідлеглості. У разі знання теорії подібна помилка, зазвичай, викликана недостатнім досвідом у розв'язуванні задач.

2. Помилка систематизації – неправильне віднесення явища (фізичної події), яке описане в умові задачі, до відомого фізичного закону, теорії.

3. Помилка розпізнавання – неправильна ідентифікація термінів, які використані у задачі.

Помилки систематизації і розпізнавання вказують на пропуски у торе-тичному знанні.

4. Операційні помилки – виникають у процесі математичних перетворень (зміна форми математичного запису). Частіше за все ці помилки пов'язані з розсіюванням уваги, втратою зосередженості у діяльності. Більше ніж від особистісних якостей учня поява подібних помилок залежить від обстановки у класі, тобто, є продуктом ергономіки.

5. Опраціональні помилки – помилки під час роботи з програмними й апаратними засобами ІКТ. Вони усуваються легше за все і практично не впливають на процес розв'язування задачі.

6. Апаратні помилки – збої у роботі засобів ІКТ. Такі помилки не залежать від учнів за достатньої технічної якості програмного продукту. Частіше всього вони спостерігаються у разі занесення комп'ютерних вірусів у програмно-апаратні засоби ІКТ.

У другому нашому експерименті стимульним матеріалом також виступали інтерактивні графічні задачі з курсу фізики. Але на відміну від першого експерименту завданням було відтворення алгоритму розв'язування задачі, яка була розв'язана учнем з використанням засобу ІКТ (конкретного педагогічного програмного засобу або програмного засобу математичного моделювання). Оцінювання рівня відтворення алгоритму розв'язування задачі здійснювалося за ознаками:

1) цілком адекватне (учнем чітко відтворено математичну модель та опис процесу розв'язування);

2) частково адекватне (учнем чітко відтворено математичну модель розв'язування та не чітко відтворено опис розв'язування);

3) слабо адекватне (учнем відтворено наближений опис розв'язування);

4) не адекватне (учнем відтворено деякі формули з теми, окремі терміни та означення, які зустрічалися в описі розв'язання).

У результаті експерименту отримано кореляційні залежності рівня відтворення алгоритму розв'язування задачі від кількості звернень до екранної події (графічного відображення фізичного явища на екрані комп'ютера) (рис. 3.41–3.44).

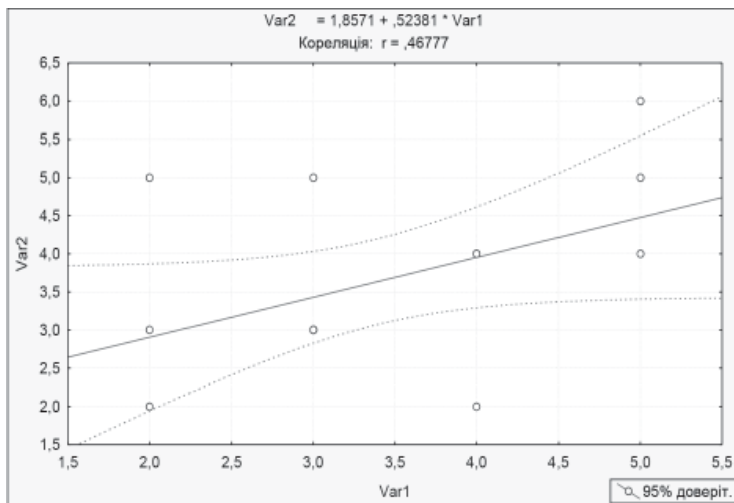


Рис. 3.41. Залежність цілком адекватного відтворення алгоритму розв'язування задачі (Var2) від кількості звернень до екранної події (Var1)

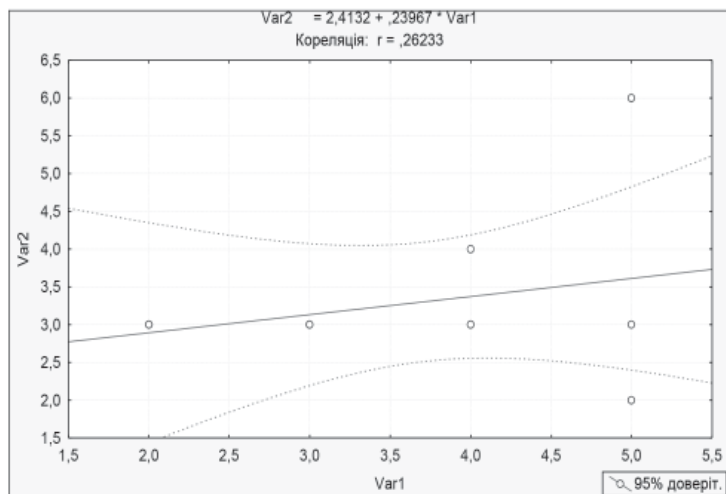


Рис. 3.42. Залежність частково адекватного відтворення алгоритму розв'язування задачі (Var2) від кількості звернень до екранної події (Var1)

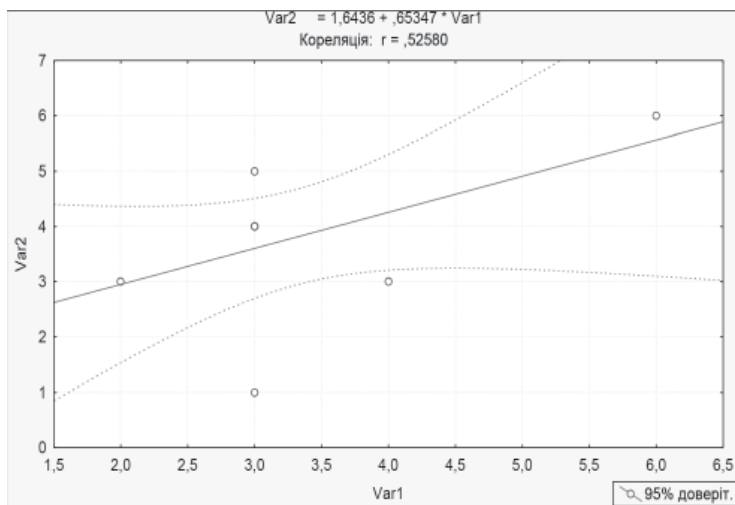


Рис. 3.43. Залежність слабо адекватного відтворення алгоритму розв'язування задачі (Var2) від кількості звернень до екранної події (Var1)

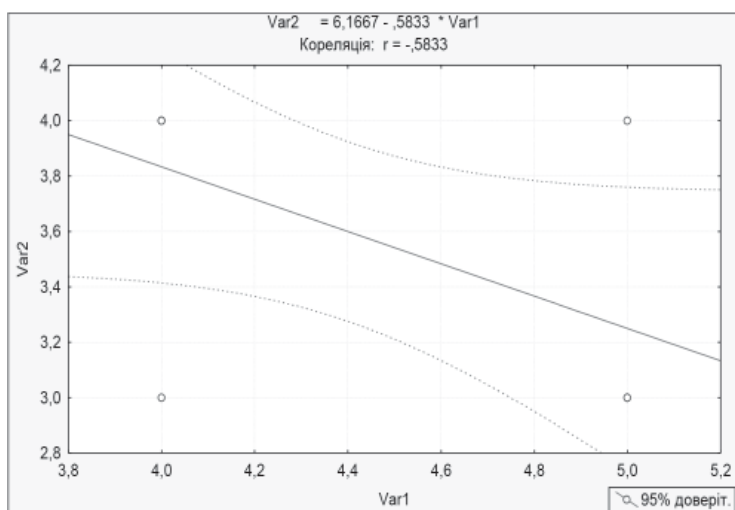


Рис. 3.44. Залежність неадекватного відтворення алгоритму розв'язування задачі (Var2) від кількості звернень до екранної події (Var1)

Аналіз кореляційних залежностей показує, що зв'язок рівня відтворення алгоритму розв'язування задачі від кількості звернень до екранної події в цілому менший, ніж той, що отримано у першому експерименті. Пояснити цей факт, на нашу думку, можна з точки зору превалювання в учнів навичок

неформального аналізу екранної події і недостатньо сформованого уміння абстрактного зв'язування подій, про які йдеться в задачі, та вираження їх у формально-логічному вигляді з залученням специфічно математичних знакових систем.

У випадку неадекватного відтворення алгоритму розв'язування задачі спостерігається обернена кореляційна залежність, що свідчить про позитивний вплив звернення учня до екранної події на якість відтворення алгоритму розв'язку.

Під час аналізу вчителем математичної моделі, яка запропонована учням, треба пам'ятати, що задача розпізнавання правильної відповіді міститься у визначенні приналежності до множини усіх правильних відповідей на поставлене запитання. Учитель принципово може оцінити усі представлені учнями математичні моделі, але, із зростанням складності задачі зростає кількість можливих математичних моделей, зростає їх обсяг і складність, і задача експерта значно ускладнюється.

Як показує практика і спеціально організований експеримент, у режимі реального навчального часу (безпосередньо на уроці, оперативно) можливо проаналізувати від 5...8 до 1...2 математичних моделей з представлених на розгляд. Утім ця кількість значною мірою залежить як від кількості запропонованих задач, їх складності, так і від кількості учнів, що одночасно розв'язують одну й ту саму задачу. Це пояснюється тим, що кількість альтернативних моделей розв'язування зростає.

Проблема формального опису усіх правильних математичних моделей, які приводять до розв'язання задачі, розв'язується тільки до певного рівня складності задачі. Це обмежує можливості вчителя попередньо підготувати усі конструкції математичних моделей, що збільшило б оперативність експертизи. Тут, на наш погляд, існує можливість використання експертних систем, можливості застосування яких у навчальному процесі описані, наприклад, у роботах Ю. І. Машбиця, В. В. Андрієвської, О. Ю. Комісарової

У даний час збільшення кількості оперативно оцінюваних (тих, які експертуються) математичних моделей розв'язання задачі, контроль привильності конструкції моделі реально оцінюється за кінцевим результатом розв'язку (у якому ця математична модель використана), попередньо відомого вчителю.

Математична модель, як було сказано, може виявитися занадто складною для її розв'язання методами, які вивчаються у середній школі (або настільки громіздкою, що неминуче викликає помилки). Тоді застосування програмних засобів ІКТ є ефективним виходом з положення, яке склалося. На нашу думку, саме обмеженість математичного апарату, який вивчається у середній школі, значно звужує множину теорій, які можуть вивчатися у курсі шкільної фізики і використовуватися у постановці навчальних задач різного рівня, виду і типу.

До цього часу існує багато досліджень, які торкаються питань моделювання у процесі вивчення фізики із застосуванням засобів обчислювальної

техніки. Але в більшості вони розглядають моделювання процесів або явищ з використанням машинних мов високого рівня. Це передбачає досить високий кваліфікаційний рівень користувача у сфері програмування і потребує більшого часу на виконання всіх етапів створення програми. На наш погляд, з появою таких програмних засобів як *Mathcad*, *Eureka*, *Derive*, *Gran* тощо, етап програмування з діяльності користувача можна виключити у тих випадках, коли створена (сконструйована) математична модель розв'язання у звичній знаковій формі для явища чи процесу, який досліджується. Це розширює сферу застосування засобів ІКТ, тому що не потребує від учня вільного володіння основами програмування, прискорюючи процес отримання кінцевого результату. Наразі діяльність користувача орієнтована на досягнення головної мети – розв'язок навчального завдання.

Можливість здійснення експерименту за допомогою спеціально створених ППЗ, які візуалізують фізичні процеси і явища, надають можливість користувачеві керувати процесом навчального дослідження в інтерактивному режимі, у різному ступені автоматизують процес навчального дослідження, дозволяють виконувати відносно складні дослідження в умовах обмеженого навчального часу і без залучення складного лабораторного обладнання є проявом проникнення в загальноосвітню школу елементів високотехнологічного середовища на базі інформаційно-комунікаційних технологій. На часі цей процес є незворотнім, але, як показує освітня практика і спеціальні дослідження, неоднозначність наслідків інформатизації навчального процесу відносно його результативності на різних вікових і освітніх ланках, не повністю зрозумілі впливи активного використання засобів ІКТ на особистісні якості учнів, відставання педагогічних технологій від прогресу апаратно-програмних засобів потребує подальших досліджень в галузі педагогіки і педагогічної психології.

Література

1. Адамар Ж. Исследование психологии процесса изобретения в области математики / Ж. Адамар. – М. : Советское радио, 1970. – 151 с.
2. Альтшуллер Г. С. Алгоритм изобретения / Г. С. Альтшуллер. – М.: Московский рабочий, 1973. – 295 с.
3. Ананьев Б. Г. Психология чувственного познания / Б. Г. Ананьев. – М.: АПН РСФСР, 1960. – 179 с.
4. Антонов А. В. Информация: восприятие и понимание / А. В. Анторов. – К. : Наукова думка, 1988. – 184 с.
5. Арнхейм Р. Искусство и визуальное восприятие / Р. Арнхейм. – М.: Прогресс, 1974. – 392 с.
6. Арнхейм Р. Новые очерки по психологии искусства / Р. Арнхейм. – М.: Прометей, 1994. – 351 с.
7. Афанасьева О. Ю.-Ю. Метод комп'ютерної візуалізації результатів експериментальних досліджень з використанням принципів когнітивної графіки : дис. канд. техн. наук : 05.13.06 / Олеся Юрій-Юстинівна Афанасьєва. – К., 2005. – 168 с.
8. Березанская Н. Б. Индивидуальные стили использования ЭВМ при решении творческих задач / Н. Б. Березанская // Психологические проблемы автоматизации научно-исследовательских работ. – М., 1987. – С. 181–204.
9. Биков В. Ю. Засоби навчання нового покоління в комп'ютерно орієнтованому навчальному середовищі / Биков В. Ю., Жук Ю. О. // Комп'ютер у школі та сім'ї. – 2005. – №5. – С. 20–24.
10. Брунер Дж. Психология познания / Дж. Брунер. – М.: Прогресс, 1977. – 412 с.
11. Буш Г. Я. Проблемные задачи и регулятивы поиска их решения / Г. Я. Буш. – М. : ВНИИПИ, 1989. – 90 с.
12. Буш Г. Я. Рождение изобретательских идей / Г. Я. Буш. – Рига : Лиесма, 1976. – 125 с.
13. Величко С. П. Вивчення основ квантової фізики : навч. посіб. [для студ. вищих навч. закл.] / Величко С. П., Костенко Л. Д. – Кіровоград : РВЦ КДПУ ім. В. Винниченка, 2002. – 274 с.
14. Величко С. П. Сучасні технології у фізичному експериментуванні з оптики : [навч. посіб. для вчителів] / Величко С. П., Кузьменко О. С. – Кіровоград : ПП «Центр оперативної поліграфії „Авангард»», 2009. – 164 с.
15. Величко С. П. Вивчення фізичних властивостей рідких кристалів у загальноосвітній та вищій педагогічній школі : навч. посіб. / Величко С. П., Неліпович В. В. / за ред. С. П. Величка. – Кіровоград : ПП «Центр оперативної поліграфії „Авангард»», 2008. – 140 с.
16. Величко С. П. Нове навчальне обладнання для спектральних досліджень : посіб. [для студ. фіз.-мат. фак-тів пед. вищих навч. закладів] / Величко С. П., Сірик Е. П. – 2-е вид., перероб. – Кіровоград : ТОВ «Імекс-ЛТД», 2006. – 202 с.

17. Величко С. П. Графічний метод дослідження природних явищ у навчанні фізики / Величко С. П., Сальник І. В. – Кіровоград, 2002. – 167 с.

18. Вертгеймер М. Продуктивное мышление / М. Вертгеймер. – М. : Прогресс, 1987. – 336 с.

19. Гамезо М. В. Атлас по психологии : информ-метод. пособие «Психология человека» / Гамезо М. В., Домашенко И. А. – М. : Педагогическое общество России, 2004. – 276 с.

20. Гастев Ю. Модель. Философская энциклопедия / Ю. Гастев. – М., 1963. – 584 с.

21. Гильберт Д., Кон-Фоссен С. Э. Наглядная геометрия / Гильберт Д., Кон-Фоссен С. Э. – М.-Л. : ОНТИ, 1936. – 304 с.

22. Гончарук С. К. Организация пользовательского интерфейса в обучающих системах / Гончарук С. К., Жук Ю. О. // Вестник Киевского политехнического института. Серия «Автоматика и электроприборостроение». – К.: Либідь. – 1992. – №29.

23. Гончарук С. К. Концептуальная модель интеллектуального взаимодействия в обучающих системах / Гончарук С. К., Жук Ю. О., Тимофеев Г. Ю. // Вісник Київського політехнічного інституту. Серія «Автоматика й електроприладобудування». – К. : Либідь. – 1993. – №30.

24. Гуржій А. М. Засоби навчання : навч. посібник / Гуржій А. М., Жук Ю. О., Волинський В. П. – К. : ІЗМН, 1997. – 208 с.

25. Гуржій А. М. Фізичний експеримент у загальноосвітньому навчальному закладі (Організація та основи методики): навч. посіб. / Гуржій А. М., Величко С. П., Жук, Ю. О. – К. : ІЗМН, 1999. – 303 с.

26. Гурова Л. Л. Психологический анализ решения задач / Л. Л. Гурова. – Воронеж, 1976. – 326 с.

27. Давыдов В. В. Виды обобщения в обучении. Логико-психологические проблемы построения учебных предметов / В. В. Давыдов. – М. : Педагогика, 1972. – 423 с.

28. Деннинг В. Диалоговые системы «человек ЭВМ» на языке Автолисп в системе САПР Автокад / Деннинг В., Эссинг Г., Маас С. – М. : «Диалог-МИ-ФИ», 1991. – 96 с.

29. Дункер К. Качественное (экспериментальное и теоретическое) исследование продуктивного мышления / К. Дункер // Психология мышления. – М., 1965. –С. 21–85.

30. Дьяченко О М. Психическое развитие дошкольников : Серия: Б-ка для родителей / Дьяченко О М., Лаврентьева Т. В. – М. : Педагогика, 1984. – 128 с.

31. Ежова Н. М. Визуальная организация информации в компьютерных средствах обучения : На примере математики : дисс. канд. пед. наук : 13.00.02 / Наталия Михайловна Ежова. – Мурманск, 2004. – 196 с.

32. Ж. Пиаже. Генезис числа у ребенка / Жан Пиаже. // Избранные психологические труды. – М. : Просвещение, 1969. – С. 233–566.

33. Жук Ю. А. Решение исследовательских задач по физике с использованием новых информационных технологий : дисс. канд. пед. наук : 13.00.02 / Юрий Алексеевич Жук. – К., 1995. – 217 с.

34. Жук Ю. О. Використання елементів формальної логіки у процесі розв'язування навчальної фізичної задачі / Ю. О. Жук // Праці наук.-практ. конф. «Дидактичні проблеми фізичної освіти в Україні». – Чернігів: Чернігівський ДПУ, 1998. – С. 63–65.

35. Жук Ю. О. Вивчення фізики з використанням засобів інформаційно-комунікаційних технологій // Засоби і технології єдиного інформаційного освітнього простору: зб. наук. праць / за ред. В. Ю. Бикова, Ю. О. Жука / Інститут засобів навчання АПН України. – К.: Атіка, 2004. – С. 117–147.

36. Жук Ю. О. Використання засобів нових інформаційних технологій для графічного репрезентування фізичних процесів при вивченні фізики у середній школі / Ю. О. Жук // Науково-методичний збірник «Нові технології навчання». – К.: ІЗМН, 1997. – № 21.

37. Жук Ю. О. Деякі психолого-педагогічні проблеми використання засобів нових інформаційних технологій у навчальному процесі середнього закладу освіти / Ю. О. Жук // Комп'ютер у школі та сім'ї. – 1998. – № 4. – С. 7–9.

38. Жук Ю. О. Комп'ютерно орієнтовані засоби навчальної діяльності: проблеми створення та впровадження / Ю. О. Жук // Науковий вісник Ізмаїльського державного гуманітарного університету. – Ізмаїл, 2004. – Вип. 16. – С. 11–15.

39. Жук Ю. О. Організація навчальної дослідницької діяльності у процесі викладання фізики в середній школі з використанням комп'ютерно орієнтованих систем навчання / Ю. О. Жук // Наукові записки : зб. наук. статей Націон. пед. уні-ту ім. М. П. Драгоманова. – К., 2001. – С. 118–125

40. Жук Ю. О. Особливості використання графічних представлень фізичних процесів засобами нових інформаційних технологій / Ю. О. Жук // Фізика та астрономія в школі. – 1997. – №4.

41. Жук Ю. О. Роль засобів навчання у формуванні навчального середовища / Ю. О. Жук // Наук.-метод. зб. «Нові технології навчання». – К.: ІЗМН, 1998. – №22. – С. 106–112.

42. Жук Ю. О. Системні особливості навчально-виховного процесу в умовах широкого використання інформаційних технологій навчання / Ю. О. Жук // Наукові записки. – Вип. 46. – 2002. – Серія: Педагогічні науки. – Кіровоград: РВЦ КДПУ ім. В. Винниченка. – С. 19–21.

43. Жук Ю. О. Характерні особливості поведінки у комп'ютерно орієнтованому навчальному середовищі / Ю. О. Жук // Комп'ютерно орієнтовані системи навчання : зб. наук. праць / редкол. – К.: НПУ ім. М. П. Драгоманова. – Вип. 4. – 2001. – С. 144–147.

44. Жук Ю. О. Комп'ютерно орієнтовані засоби навчання з фізики : посібник / [Жук Ю. О., Соколюк О. М. та ін.] / за заг. ред. Ю. О. Жука. – К.: Педагогічна думка, 2011. – 152 с.
45. Зверева Н. М. Активизация мышления учащихся на уроках физики / Н. М. Зверева. – М.: Просвещение, 1980. – 112 с.
46. Кедров Б. М. Соотношение фундаментальных и прикладных наук / Б. М. Кедров // Вопросы философии. – 1972. – №4. – С. 70–79.
47. Кондаков Н. И. Введение в логику / Н. И. Кондаков. – М.: Наука, 1967. – 460 с.
48. Коршак Е. В. Методика розв'язування задач з фізики : практикум / Коршак Е. В., Гончаренко С. У., Кормак Н. М. – К.: Вища школа, 1976. – 240 с.
49. Костюк Г. С. Навчально-виховний процес та психічний розвиток особистості / Г. С. Костюк / за ред. Л. М. Проколієнко. – К.: Радянська школа, 1989. – 608 с.
50. Кудрявцев Т. В. Психология технического мышления (процесс и способы решения технических задач) / Т. В. Кудрявцев. – М.: Педагогика, 1975. – 302 с.
51. Лаптев В. Учебные компьютерные модели / Лаптев В., Немцев А. // Информатика и образование. – 1991. – №4. – С. 70–73.
52. Леонтьев А. Н. Деятельность. Сознание. Личность / А. Н. Леонтьев. – М.: Политиздат, 1975. – 84 с.
53. Леонтьев А. Н. Проблемы развития психики / А. Н. Леонтьев. – М.: МГУ, 1981. – 582 с.
54. Линдсей П. Переработка информации у человека / Линдсей П., Норман Д. – М.: Мир, 1974. – 549 с.
55. Логика / под ред. Г. А. Левина. – Минск: БГУ, 1974. – 335 с.
56. Ломов Б. Ф. Формирование графических знаний и навыков у учащихся / Б. Ф. Ломов. – М.: Изд-во АПН РСФСР, 1959. – 270 с.
57. Лурье Л. И. Знаково-символические основания ученого процесса / Л. И. Лурье // Сибирский педагогический журнал. – 2010. – №8. – С. 33–46.
58. Машбиц Е. И. Методические рекомендации по проектированию обучающих программ / Е. И. Машбиц. – К., 1986. – 109 с.
59. Машбиц Е. И. Диалог в обучающей системе / Машбиц Е. И., Андриевская В. В., Комиссарова Е. Ю. – К.: Вища школа, 1989. – 183 с.
60. Милерян Е. А. Психология формирования общетрудовых политехнических умений / Е. И. Машбиц. – М.: Педагогика, 1973. – 300 с.
61. Монахов В. М. Информационная технология обучения с точки зрения методических задач реформы школы / В. М. Монахов // Вопросы психологии. – 1988. – №2. – С. 27–36.
62. Монахов В. М. Психолого-педагогические проблемы обеспечения компьютерной грамотности учащихся / В. М. Монахов // Вопросы психологии. – 1985. – №3. – С. 14–22.

63. Мухина В. С. Изобразительная деятельность ребенка как форма усвоения социального опыта / В. С. Мухина. – М.: Педагогика, 1981. – 240 с.
64. Общая психология. / под ред. А. В. Петровского. – М. : Просвещение, 1986. – 463 с.
65. Павленко А. І. Методика навчання учнів середньої школи розв'язуванню і складанню фізичних задач (Теоретичні основи) / [наук. ред. С. У. Гончаренко]. – К. : ТОВ «Міжнар. фін. Агенція», 1997. – 177 с.
66. Педагогика школы / под ред. чл.-кор. АПН СССР Г. И. Щукиной. – М.: Просвещение, 1977. – 384 с.
67. Поддьяков Н. Н. Новые подходы к исследованию мышления дошкольников / Н. Н. Поддьяков // Вопр. психологии. – 1985(6). – №2. – С. 103–117.
68. Пономарев Я. А. Психология творчества / Я. А. Пономарев. – М.: Наука, 1976. – 302 с.
69. Регирер Е. И. О профессии исследователя в точных науках / Е. И. Регирер. – М.: Наука, 1966. – 165 с.
70. Розв'язування задач з фізики / за ред. Є. В. Коршака. – К. : Вища школа, 1986. – 309 с.
71. Словарь практического психолога / [сост. С. Ю. Головин]. – Минск: Харвест, 1997. – 800 с.
72. Соколюк О. М. Вплив мотиваційного фактора на планування навчального дослідження в середній школі [Електронний ресурс] / Соколюк О. М. // Інформаційні технології і засоби навчання. – 2008. – №1(5). – Режим доступу до журналу : <http://www.nbuv.gov.ua/e-journals/ITZN/em5/emg.html>.
73. Соколюк О. М. Особливості контрольно-оцінювальної діяльності старшокласників в комп'ютерно орієнтованому середовищі [Електронний ресурс] / Соколюк О. М. // Інформаційні технології і засоби навчання. – 2010. – №3 (17). – Режим доступу до журналу : <http://www.ime.edu-ua.net/em17/emg.html>.
74. Соколюк О. М. Особливості формування в учнів умінь і навичок проведення навчальних досліджень в комп'ютерно орієнтованому навчальному середовищі на базі кабінету фізики середньої школи / Соколюк О. М. // Наукові записки. – Випуск 72. – Серія: Педагогічні науки. – Кіровоград : РВВ КДПУ ім. В. Винниченка. – 2007. – Частина 1. – С. 224–228.
75. Соколюк О.М. Роль інтелектуальної компоненти у формуванні в учнів середньої школи навчальних дослідницьких умінь з фізики [Електронний ресурс] / Соколюк О. М. // Інформаційні технології і засоби навчання. – 2007. – №2. – Режим доступу : <http://www.nbuv.gov.ua/e-journals/ITZN/em2/emg.html>.
76. Соколюк О. М. Проблеми розвитку контрольно-оцінювальних умінь старшокласників в процесі навчання фізики в умовах комп'ютерно орієнтованого середовища [Електронний ресурс] / Соколюк О. М. // Інформаційні технології і засоби навчання. – 2007. – №3. – Режим доступу : <http://www.nbuv.gov.ua/e-journals/ITZN/em3/emg.html>.

77. Соколюк О. М. Формування структури навчальних дій учнів в процесі виконання лабораторних робіт дослідницького характеру з фізики з використанням засобів інформаційно-комунікаційних технологій / Соколюк О. М. // Наукові записки. – Серія : Педагогічні науки. – Кіровоград : РВВ КДПУ ім. В. Винниченка. – 2009. – Част. 1. – С. 101–106.
78. Соколюк О. М. Особливості використання засобів ІКТ у предметно орієнтованій проектній діяльності // Інформаційні технології і засоби навчання [Електронне фахове видання. Електронний ресурс] / О. М. Соколюк // Інформаційні технології і засоби навчання. – 2011. – №6(26). – Режим доступу до журн. : <http://www.journal.iitta.gov.ua>.
79. Судаков К. В. Динамические стереотипы или информационные отпечатки действительности / К. В. Судаков. – М. : ПЕРСЭ, 2002. – 128 с.
80. Тутушкина М. К. Практическая психология / М. К. Тутушкина. – СПб.: Изд-во «Дидактика Плюс», 2001. – 368 с.
81. Физический практикум. Механика и молекулярная физика / под ред. проф. В. И. Ивероновой. – 2-е изд., перераб. – М.: Наука, 1967. – 352 с.
82. Фресс П. Экспериментальная психология / Фресс П., Пиаже Ж. – М.: Прогресс, 1978. – 300 с.
83. Шадриков В. Д. Психология деятельности и способности человека / В. Д. Шадриков. – М : Логос, 1996. – 318 с.
84. Шапиро С. И. От алгоритмов – к суждениям: эксперименты по обучению элементам математического мышления / С. И. Шапиро. – М.: Советское радио, 1973. – 286 с.
85. Швалб Ю. М. Психологические модели целеполагания / Ю. М. Швалб. – К. : Стилос, 1997. – 235 с.
86. Шрейдер Ю. А. Логика знаковых систем: Элементы семиотики / Ю. А. Шрейдер. – Изд. 3. – М. : Книжный дом ЛИБРОКОМ, 2012. – 64 с.
87. Юрина Е. А. Концептуальная структура ассоциативно-образного семантического поля / Е. А. Юрина // Вестник Томского государственного университета. – 2004. – №282. – С. 224–230.
88. Buhler K. Die Krise der Psychologie. Jena: Fischer, 1927. XV. 223 S.
89. Elliot P. C. and Peelle H.A. Computer-Augmented Training // TOPICS in Instructional Computing, ACM SIGCUE. 1975, Jan.
90. Henrikson, Allan K. America's Changing Place in the Wjrlld: From Peripheri to Centr.In Gottman.
91. Mowrer O. H. Stimulur-Response Ansalysis of anxiety and its Role in Reinforcing Agent // Psycholodgical Review. 1939. V. 66. – 319 p.
92. Wild K. W. Intuition. Cambridge: University Press, 1938. – 220 p.

НАУКОВЕ ВИДАННЯ

Жук Юрій Олексійович, **Соколюк** Олександра Миколаївна,
Величко Степан Петрович, **Соколова** Ірина Вольфівна,
Соколов Павло Костянтинович

ЕКСПЕРИМЕНТ НА ЕКРАНІ КОМП'ЮТЕРА

Монографія

Літературний редактор І. В. Трудолюбова
Верстка А. О. Басін
Обкладинка П. В. Резніков

Підписано до друку 23.10.2012 р. Формат 60х90 $\frac{1}{16}$
Гарнітура Times. Друк офс. Папір офс.
Ум. друк. арк. 11,25
Наклад 300 пр.

**Видано державним коштом.
Продаж заборонено.**

Видавництво «Педагогічна думка»
04053, м. Київ, вул. Артема, 52-а, корп. 2;
тел./факс: (044) 484-30-71

Свідцтво про внесення суб'єкта видавничої справи
до Державного реєстру видавців, виготовників
розповсюджувачів видавничої продукції
Серія ДК № 3563 від 28.08.2009 р.